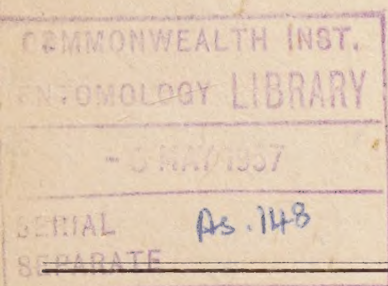
E&A

北海道農業試驗場彙報



第 72 號

昭 和 32 年 2 月

RESEARCH BULLETIN

OF THE

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 72

February, 1957

Published by

The Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Kotoni, Sapporo, Japan

北 海 道 農 業 試 驗 場

札 幌 市 琴 似 町

目　次

CONTENTS

馬鈴薯疫病菌の生理学的研究

第5報　馬鈴薯疫病菌のアミノ酸代謝に就て

酒　井　隆　太　郎*

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON *PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT.) DE BARY

PART 5 ON THE METABOLISM OF AMINO ACID IN *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

By Ryutaro SAKAI

I 緒　　言

従来筆者は馬鈴薯疫病菌 *Phytophthora infestans* (MONT) DE BARY の培養的性質に関して実験を進めているが，さきに報告したように[11] 馬鈴薯疫病菌の窒素源としては，有機態窒素化合物は無機態のそれに比べて優り就中数種のアミノ酸類及びアミド類は本菌菌糸の生育を著しく促進した。また HAGENGUTH & GRIESINGER[5] 等は馬鈴薯疫病菌の生育上のエネルギー源の大部分を寄主植物のアミノ酸類に求めることを報告している。DENT 等によれば馬鈴薯植物体に含まれるアミノ酸の種類は多く，且つ個々の含有量もかなり異る。[3)10)] 従つて本菌が寄主植物のアミノ酸，アミド類を如何なる条件でよく利用し得るかを知ることは本菌の栄養生理を究めるため重要と思われる。本報では先ず本菌に於けるアミノ酸酸化酵素に就て実験した。

植物病源菌の同酵素に関する研究は比較的少なく，これらによると糸状菌のアミノ酸酸化酵素の活性化は，培養基の性質また菌の系統によつて異ることを示し，また大谷[9] は稲熱病菌の窒素源として良好なアミノ酸類は，同時に本菌によるアミノ酸酸化活性が高いことを示した。

馬鈴薯疫病菌の窒素源としてのアミノ酸，アミド類の代謝に関し更に詳細に検討するため，本菌のアミノ酸酸化酵素の活性に影響する要因及び個々のアミノ酸，アミドに対す同酵素の特異性について実験を行い 2, 3 の結果を得たので報告する。

なお一般に植物体内の天然アミノ酸の酸化に与かるアミノ酸酸化酵素は破壊された菌体組織では活性が失われる。また同酵素が単離された場合は，補欠分子簇として Flavin mono-nucleotid を必要とする。[1)4)] 本実験では生菌体をそのまま酵素源として用いた。

II 実験材料及び実験方法

供試菌　使用した馬鈴薯疫病菌は当研究室保存 H_1 菌[12] (Race O)** である。

実験方法　使用培養液は従来使用した馬鈴薯煎汁，及びアスパラギン液で，その組成は次の如くである。

馬鈴薯煎汁：　馬鈴薯 200 g, Glucose 30g, 蒸溜水 1000 cc

アスパラギン液：　Asparagine 1.3 g, KH_2PO_4 0.5 g, K_2HPO_4 0.5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 g, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.1 g, Glucose 30.0 g, $FeCl_3$ trace, Thiamine 200 α, 蒸溜水を加えて 1 l とする。

培養液の調製，菌の接種及び培養等の方法は既に報告した通りである。[11)12)] 19°C で一定期間培養した菌体を実験に供した。

アミノ酸酸化能の測定：酸素の摂取量は Warburg manometer を用いて測定した。容器 25 cc, 温度 25°C, 緩衝液は SÖRENZEN の 1/60 Mol 燐酸緩衝液 (pH 6.0) を用いた。主室に菌体，或は組織抽出液と作用基質溶液 2 cc, 副室に 15%

* 病理昆虫部病害第1研究室

** 国際命名法による系統名

KOH 0.2 cc を濾紙の小片とともに入れた。アミノ酸酸化酵素能の測定にあたつては，予め試料が呼吸のため吸収した酸素量を，所定のアミノ酸溶液中での酸素消費量から差引いたものを同酵素がアミノ酸酸化のため消費した酸素量と見做した。酸素吸収測定後の主室内基質液のアムモニヤは Nessler 試薬で発色させ，光電比色計により測定した。測定後の菌体は熱水で洗滌し，80°C で恒量になるまで乾燥し，のち秤量した。

なおアミノ酸酸化能は菌体乾燥重量 1 mg 当り 60 分間に摂取した酸素量（μl）で示した。

実験に使用したアミノ酸，アミド類は主として馬鈴薯植物に含まれるものを選び，次の 20 種類を用いた。即ち

DL-Alanine, L-Arginine monohydrochloride, L-Aspartic acid, L-Cystine, L-Glutamic acid, Glycine, L-Histidine monohydorochloride, L-Isoleucine, L-Leucine, L-Lysin monohydrochloride, L-Methionine, L-Phenyl alanine, L-Proline, DL-Serine, DL-Threonine, DL-Tryptophan, DL-Valine, L-Tyrosine, Asparagine 及び Glutamine である。

測定試料の調製：　本菌を供試培養液に接種し 20 日間育生すると厚さ 3 mm 内外の菌体を形成する。これを測定の前日採取し蒸溜水で充分に洗滌し，更に飢餓処理のため生理的食塩水中に 1 昼夜室温に放置した。

測定にあたつて生菌を用いる場合は濾紙を用いて菌体の水分を軽く除去し，内径 17 mm のコルクボーラーで円板状に切り採つたものを用いた。また菌体組織抽出液を粗酵素液として用いる場合は，前述の飢餓処理菌体の一定量を乳鉢にとり約 2 倍量の SÖRENZEN 燐酸緩衝液（pH 6.0）を加え少量のガラス粉末とともに充分磨砕し，5°C の冷室で 6 時間抽出し，これを遠心分離してその上澄液を用いた。

III　実験結果

1.　本菌のアミノ酸酸化に影響する要素

A.　菌体処理法　凍結によつて組織が破壊された菌体及び菌体抽出液を測定試料として，アミノ酸作用基質に於ける酸素摂取量を，生菌を用いた場合と比較した結果を第 1 表に示す。なお菌体はアスパラギン培養のものである。

凍結処理は測定直前菌体を －10°C の低温室に 10 分間放置し，これを 2°C の室に移し，徐々に溶融して測定試料とした。作用基質として L-Aspartic acid, DL-Alanine 及び L-Leucine を使用した。基質の濃度は 1/100 Mol, pH は 6.0, 菌体乾重 1 mg 当の酸素吸収量で示す。

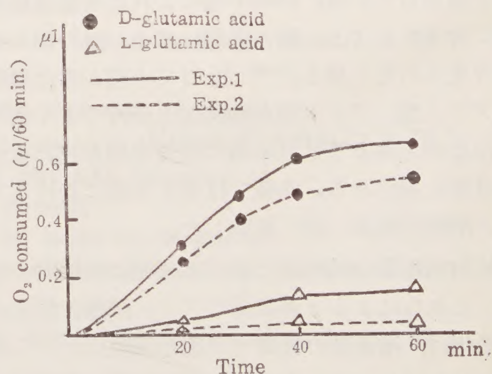
第 1 表　各種処理菌体とアミノ酸酸化との関係

Table 1　Relation between the various treated mycelium and the oxidation of amino acid.

処理菌体 ＼ 作用基質	L-aspartic acid	DL-alanine	L-leucine
	(μl)		
生　菌　体	1.64	3.33	2.84
凍結処理菌体	0.30	0.12	0.94
菌体抽出液	0.11	0.29	0.62

即ち組織が破壊された菌体，また菌体抽出液では，生菌体を使用した場合に比し酸素の摂取量は極めて低くアミノ酸の酸化活性の大部分が失われるようである。

また菌体抽出液を測定試料とし，L 型，及び D 型 Glutamic acid を作用基質とした場合の酸素摂取量を測定した結果を第 1 図に示す。なお基質の濃度は 1/100 Mol, pH は 6.0, 測定時間は 60 分，菌体乾重 1 mg 当の酸素吸収量を示す。



第 1 図　菌体抽出液の L 型及び D 型アミノ酸の酸化

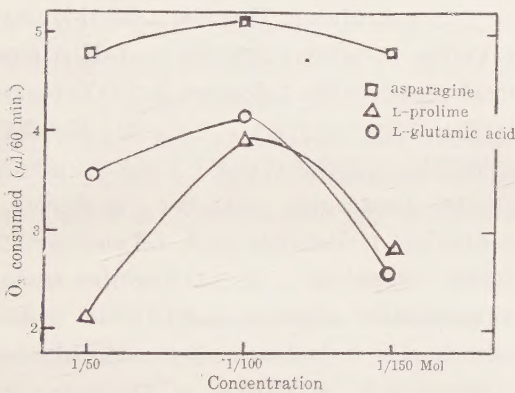
Fig. 1　Oxidation of D- and L-glutamic acid by mycelial extract.

この結果によると 2 回の実験例が示すように菌体抽出液は，作用基質 D-Glutamic acid では酸化が行われるが一方 L-Glutamic acid は殆ど酸化しない。この事実より生活細胞の破壊された菌体抽出液では，D 型アミノ酸の酸化活性は保持さ

れるように考えられる。

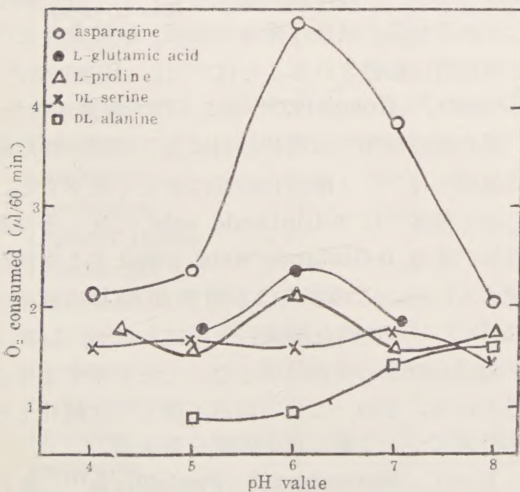
B. 作用基質濃度　アスパラギン培養菌体を使用し，作用基質濃度とアミノ酸酸化活性との関係を求め第2図に示す如き結果を得た。なお作用基質として Asparagine, L-Glutamic acid, L-Proline を使用，夫々 1/50, 1/100 及び 1/150 Mol 濃度とし，pH は 6.0，1時間の酸素吸収量（μl）を測定した。

即ち供試作用基質では，何れも 1/100 Mol 濃度で最高の酸化が行われた。しかし Asparagine では各濃度で Qo_2 の差は他のアミノ酸に比し少ない。



第2図　本菌菌糸のアミノ酸酸化と作用基質濃度の関係

Fig. 2 Relation between the oxidation of amino acids and various concentration of substrates.



第3図　本菌菌糸のアミノ酸々化と作用基質 pH の関係

Fig. 3 Relation between pH and the oxidation activity.

また 1/50 Mol 濃度ではかなり酸化が阻害された。

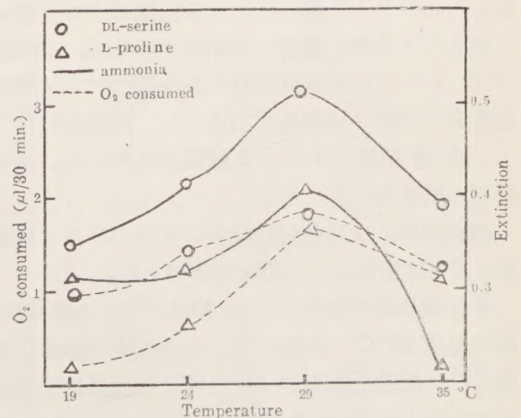
C. 作用基質の pH　アスパラギン培養菌体を測定試料とし，各作用基質の pH の範囲を pH 4.0～8.0 とし，夫々の基質に於いて至適 pH 曲線を求めた結果を第3図に示す。なお作用基質として Asparagine, L-Proline, DL-Alanine, L-Glutamic acid, DL-Serine を使用，基質濃度 1/100 Mol，60分間の Qo_2 を測定した。

即ち至適 pH 曲線はアミノ酸の種類によつて異るが，同型のアミノ酸の種類では大体同様の傾向がみられた。

即ち L-Glutamic acid, L-Proline の L 型アミノ酸及び Asparagine では酸性側（pH 6.0）に，また DL-Serine, DL-Alanine では中性アルカリ側（pH 7～8）にそれぞれ作用基質酸化の至適 pH があることが認められた。

D. 温度　アスパラギン培養菌体を使用しアミノ酸酸化に対する温度の影響を検した。基質は DL-Serine, L-Proline とし，基質濃度 1/100 Mol, pH 6.0，測定時間30分の Qo_2 を測定した。なお作用温度は 19，24，29 及び 35°C とした。同時に測定終了時の各基質内のアムモニヤ含量を測定しその吸光度曲線を示した。これらの結果を第4図に示す。

即ち 19°C より作用温度の上昇に伴つて酸素摂取量は増加し 29°C で最高を示した。35°C では基質の酸化阻害が認められた。またアムモニヤ生成量は，略々菌体の酸素摂取量に平行して増減することが認められた。



第4図　本菌菌糸のアミノ酸酸化と作用温度の関係

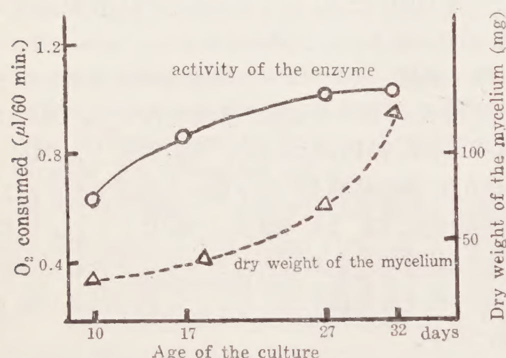
Fig. 4 Effect of temperature on oxidation activity and ammonia product.

2. 馬鈴薯疫病菌の生育とアミノ酸酸化酵素の活性

アスパラギン培養菌体を酵素源として使用した。培養開始して後，日数の経過するに伴つてアミノ酸酸化酵素の活性は変動を示した。

即ち培養開始後 17 日，23 日及び 32 日目に菌体を採取し測定を行つた。なお作用基質は L-Serine を用い pH は 6.0 とした。今，アミノ酸酸化酵素の活性及び測定時に於ける菌体発育量（培養 1 個当りの菌体乾燥重量）を第 5 図に示した。

同図にみる如く，アミノ酸酸化酵素の活性は培養 27 日後に最高に達し，32 日目まではこの活性が持続した。また菌体の生育速度は酵素の活性が最高に達した 27 日より急速に増加し始めた。



第 5 図　培養日数とアミノ酸酸化力の消長

Fig. 5　Age of the culture and activity of amino acid oxidase.

3. 各種作用基質とアミノ酸酸化酵素の活性

馬鈴薯疫病菌の生長は，その培養窒素源として与えられたアミノ酸，アミドの種類によつて著しく異ることは既に報告した如くであるが，本実験ではこれらの作用基質に対する本菌のアミノ酸酸化酵素の活性の特異性を追求した。作用基質はアミノ酸 18 種類，アミド 2 種類を使用した。測定結果を第 6 表に示した。

測定試料には馬鈴薯煎汁及びアスパラギン培養液に 30 日間育成した菌体を使用した。

各作用基質の濃度は $^1/_{100}$ Mol とし，pH 6.0，作用温度 25°C で実験した。なお表中の数字は菌体アミノ酸酸化酵素が 60 分間に作用基質を酸化するに要した酸素量（μl）を示した。また L-Aspartic acid を作用基質としたときの消費量を 100 とし他の作用基質の場合と比較した。

測定結果によるとアミノ酸酸化酵素の活性は，馬鈴薯煎汁培養菌体ではアスパラギン培養菌体より強いことが認められた。しかし各作用基質に対する同酵素活性の特異性は，これらの両培養菌体とも略々同様の傾向を示した。今，それぞれの培養菌体についてみるとアスパラギン培養菌体の同酵素の作用基質に対する活性は Asparagine, L-Proline, DL-Serine で特に強く，就中 Asparagine は最高を示した。次いで DL-Tryptophan, Glutamine, L-Cystine, L-Leucine, L-Phenyl alanine, L-Glutamic acid, DL-Alanine 及び L-Aspartic acid でも明らかに活性を示した。また L-Arginine, Glycine, L-Methionine, DL-Valine での活性は比較的弱く，L-Histidine monohydrochloride, L-Lysine, 及び L-Tyrosine では殆ど活性は示されない。これに対し馬鈴薯煎汁培養菌体の同酵素の活性はアスパラギン液培養菌体同様 Asparagine で最も強く，DL-Serine, DL-Alanine, L-Glutamic acid, L-Leucine がこれに続いて活性が強い。また L-Arginine monohydrochloride, Glycine, L-Histidine monohydrochoride, L-Isoleucine 及び L-Methionine では活性が弱く，DL-Valine, DL-Threonine, L-Tyrosine では殆ど活性は認められなかつた。

IV 考　　察

以上馬鈴薯疫病菌のアミノ酸酸化酵素に関して記述したが，一般に絲状菌に於てアミノ酸の酸化に与かる酵素の活性は菌体の処理，培養条件及び作用基質に影響されることはすでに BURTON,[2] KNIGHT,[7] HOROWITZ[6] 等によつて報告された。

馬鈴薯疫病菌では菌体抽出液及び破壊された菌体組織ではアミノ酸酸化活性は著しく低下する。しかし前者では L-Glutamic acid に比しその異性体である D-Glutamic acid を酸化する作用が認められた。この事実は本菌体組織抽出液中には D-アミノ酸酸化酵素の作用はあるが，L-アミノ酸酸化酵素の作用は殆どないことを示すように思われる。なお，これらの点に関しては純化した本酵素について更に将来確認を要する。

しかし *Neurospora*,[5] *Penicillium*[14] 及び *Aspergills* 属のいろいろの種類では D-アミノ酸酸化酵素の存在が知られている。生菌をそのまま酵素源とする時は，同時に起つている各種の代謝

作用がアミノ酸酸化酵素の作用に関係し，同酵素の作用を定量的には正確を期し難いが，本実験結果では菌体がアミノ酸，アミドを作用基質としたときの酸素摂取量と同酵素の脱アミノ作用によって作用基質液中に排出されたアンモニア量とは平行する。換言すればアミノ酸を作用基質した場合の酸素摂取量から大体本菌のアミノ酸酸化酵素の活性を推察できるように思われる。次に本菌のアミノ酸，アミド類の酸化に影響する要因についてみると，最適作用基質の濃度は大体 $^{1}/_{100}$ Mol 附近にある。

また $^{1}/_{50}$ Mol の濃度では酸化が阻害されるようである。しかし Asparagine では $^{1}/_{50}$～$^{1}/_{150}$ Mol 濃度の範囲では酸化活性に著しい差はみられなかつた。最適作用基質の pH は，基質のアミノ酸型で異る。即ち L-Glutamic acid, L-Proline のようなL型アミノ酸及び Asparagine では酸性側の pH 6.0 に，DL-Serine 及び DL-Alanine のような DL 型ではアルカリ側の pH 7～8 であつた。これに関しては D-アミノ酸酸化酵素の至適 pH は L 型のそれに比し高くアルカリ性側に傾くという KREBS[8] の報告に一致するように思われる。

また至適作用温度は 29°C 附近にあり，これ以上の温度上昇により本菌のアミノ酸酸化活性は急激に減少する。これらは稲熱病菌の同酵素が 30°C 附近に最適温度があるという大谷[9] の結果と略々一致した。次に馬鈴薯疫病菌のアミノ酸酸化酵素の活性は同菌の生長に伴つて増加し，菌体の生育速度が増大し始める頃に最高に達した。

これらは同酵素は菌体構成に主要な役割を持つことを示すように考えられる。

また同酵素の特異性について各種類のアミノ酸及びアミドについて実験した結果，各基質の酸化に対する特異性は菌体の生育した培養基の性質にかかわらず略々同様の傾向を示した。

第2表　馬鈴薯疫病菌菌糸の各種アミノ酸酸化の消長

Table 2　Rates of oxidation of amino acids by *Phytophthora infestanse.*

	酸素吸収量 (μl) 60 分						L-アスパラギン酸酸化に対する比率 (%)	
アミノ酸	アスパラギン培地生育菌体				馬鈴薯煎汁培地生育菌体		アスパラギン培地	馬鈴薯煎汁培地
実験 No.	1	2	3	4	1	2		
L-arginine HCl	0.03	0.09	—	0.09	0.55	—	23	31
L-aspartic acid	—	0.13	0.30	0.39	1.57	1.40	100	100
L-glutamic acid	—	0.17	—	0.73	3.65	1.08	131	209
L-cystine	—	0.22	—	0.35	—	1.14	169	81
L-histidine HCl	0.00	0.00	—	0.09	0.22	—	0	13
L-proline	0.53	0.40	0.57	0.86	1.63	—	248	93
L-isoleucine	—	0.00	—	0.00	0.51	—	0	44
L-metionine	0.63	0.11	—	0.29	0.16	0.00	84	5
L-phenyl alanine	0.85	—	0.41	0.54	2.16	1.28	137	106
L-lysine HCl	0.05	0.00	—	—	—	—	0	—
DL-serine	—	0.55	0.20	0.66	2.51	3.19	244	185
DL-alanine	—	0.22	0.22	0.45	2.51	1.69	121	141
DL-threonine	0.04	—	—	—	0.00	0.00	—	0
DL-tryptophan	0.30	0.24	—	0.40	1.88	—	185	107
DL-valine	0.33	0.09	0.23	0.08	0.00	0.03	73	2
asparagine	0.85	0.30	1.03	0.97	4.72	2.90	286	240
glutamine	0.62	0.28	0.44	0.64	1.57	1.24	181	89
L-tyrosine	0.00	—	—	0.00	—	0.00	0	0
L-leucine	0.02	0.20	—	0.73	1.96	2.44	146	143
glycine	—	0.20	0.10	—	0.42	0.63	83	34

なお馬鈴薯煎汁培養菌体の同酵素は同期間培養したアスパラギン培養菌体のそれより活性は強く，特に DL-Serine, L-Proline, Glutamine に特異的に強い活性を示した。一方アスパラギン培養菌体では L-Phenyl alanine に強い活性を示した。なお WOLF[14] が *Penicillum notatum* で行つた結果と特異性が大体類似するようである。しかしこれらの両培養液で生育した菌体はともにアスパラギンに対して最高の酸化活性を示すが，これはアスパラギンが比較的多く存在する培養条件で生育した結果適応的に特異性を獲得したように考えられる。

以上の実験結果より本菌の酸化活性が強いアミノ酸アミド類の多くは，馬鈴薯植物体の含有するアミノ酸アミド類のうち比較的多量に含まれるものである。この事実は馬鈴薯疫病菌が寄主植物のアミノ酸アミド類の比較的豊富な環境に適応して獲得した代謝型であつて，これらは短期間の培養の変化によつては容易に変化しないように推察される。

また本菌のアミノ酸酸化酵素の作用基質として良好なものの多くは，同時に本菌の窒素源としても良好である。これらは本菌の寄生性を究めるためにも重要と思われる。

V 摘　　要

1. 本報告は前報に引続き，馬鈴薯疫病菌の窒素源に関しアミノ酸，アミド類の代謝を更に検討するため，本菌のアミノ酸酸化酵素について実験を行つた。

2. 本菌絲の破壊組織またはその抽出液ではアミノ酸酸化活性は殆ど失われる。しかし菌体抽出液中には D-型アミノ酸を酸化する作用があるように思われる。

3. アミノ酸酸化酵素の活性に影響する要因について測定した結果，同酵素の作用に対する最適基質濃度は $^{1}/_{100}$ Mol で，また最適 pH は L-型アミノ酸では pH 6.0，DL-型では pH 7～8 であつた。また最適作用温度は 29°C 附近にあつた。

4. 同酵素は馬鈴薯疫病菌の生長に伴つて増加し，菌の生育速度が増大し始める頃に最高に達した。

5. 同酵素の作用基質に対する特異性は，馬鈴薯煎汁及びアスパラギン培養菌体ともアスパラギンに対する活性が最も強く，且つ前者では DL-Serine, L-Proline, Glutamine また後者は L-Phenyl alanine に強い活性を示した。また他の基質に対しては大体同傾向の特異性を示した。

文　　献

1. BENDER, A. E., KREBS, H. A., Horowitz, N. H. : Biochem. Jour., 45: xxi (1949).
2. BURTON, K.: Biochem. Jour., 50: 258～268 (1951).
3. DENT, C. E., STEPKA, W., STEWARD, F. C.: Nature 160: 682～683 (1947).
4. 荻原郡次・中馬一夫: 化学の研究 4: 101～107 (1949).
5. HAGENGUTH, K., GRIESINGER, R.: Phytopath. Zeit 13: 517～529 (1941).
6. HOROWITZ, N. H.,: J. Biol. Chem. 154: 141～149 (1944).
7. KNIGHT, S. G.,: J. Bact. 55: 401 (1948).
8. KREBS, H. A., JOHNSON, W. A.,: Biochem. Jour., 31: 645 (1937).
9. 大谷吉雄,: 日・植・病・報., 18: 159～160 (1954).
10. PAYNE, M. G., FULTS, J. E., HAY, R. T.: Amer. Potato. Jour., 29: 142～150 (1952).
11. 酒井隆太郎: 北・農・試・彙報, No. 68, 63～66 (1955).
12. ――――: 日・植・病・報., 19: 141～145 (1655).
13. SUMMER, J. B.,: Chemistry and Method of Enzyme (1953).
14. WOLF, F. F.,: Arch. Biochem., 16: 103～149 (1948).

Résumé

The present paper reports a continuation of work on the nitrogen source of *Phytophthora infestans* and is concerned with the metabolism of amino acid and amid, and with the properties of the amino acid oxidase.

The experimental results obtained may be summarized as follows:

1. The enzyme for the oxidation of L-amino acid seems to become inactive in the ground tissue from mycelium and in its extract, but the D-amino acid is oxidized by the extract from mycelium.

2. The relation between activity and concentration of substrate was studied for asparagine, L-glutamic acid and L-proline at 25°C and pH 6.0. The optimum concentration of each substrate was about $^{1}/_{100}$ mol.

3. The optimum pH for the oxidation of the L-amino acid and the DL-amino acid was about 6.0 and 7.0~8.0 respectively.

4. The activity of the enzyme varies with growth stage of the fungus; it reaches its maximum at the stage when the growth rate of the fungus is the greatest.

5. The relative rate of oxidation of the two amides and eighteen amino acids tested were similar in mycelium grown from potato decoction and in that grown from the asparagine-glucose medium. It was especially noted that asparagine is oxidized more rapidly than other amino acids.

DL-Serine, L-proline, glutamine were readily oxidized by the mycelium from potato decoction and L-phenyl alanine was oxidized by the mycelium from asparagine-glucose medium.

疫病菌の侵入に対する馬鈴薯の抵抗反応に関する生理学的研究

V. 切断処理による馬鈴薯塊茎の酸溶性燐酸成分の変動

富山宏平* 竹森俊彦* 高桑亮*

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE DEFENCE REACTION OF POTATO PLANT TO INFECTION BY *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

V. CHANGES IN THE ACID SOLUBLE PHOSPHATE COMPOUNDS FRACTIONS IN POTATO TUBER TISSUE INDUCED BY SLICING

By Kohei TOMIYAMA, Toshihiko TAKEMORI and Makoto TAKAKUWA

馬鈴薯塊茎のスライスは疫病に対する馬鈴薯の抵抗性を知るための実験材料としていろいろの意味で優れている。しかしそれを充分に活用するためには，塊茎からスライスを切り抜くことによるスライスの組織自体に起る生理的変化を知つておかなければならない。このことは一般的な傷害反応を知る目的からも有益であろう。ここでは特に酸溶性燐酸成分を中心に実験を試みた。

I. 実験法

馬鈴薯塊茎を用い，直径 2.2 cm のコルクボーラーで髄部を抜きとり，ミクロトームで 0.45 mm あるいは 1.35 mm のスライスをつくり直ちに流水洗（水温 12～13°C）して，一定時間後に分析に供した。また時には流水洗を行わずに湿シャーレ内に保つて定時間後に分析し，あるいは短時間流水洗した後シャーレ内に並べて定時間後に分析に供した。分析にさいしては 0～3°C の低温室内で磨砕，遠沈その他の主要操作を行つた。標準区としては，低温室内で塊茎から切りとつたブロックを直ちに低温室内で秤量して磨砕分析した。

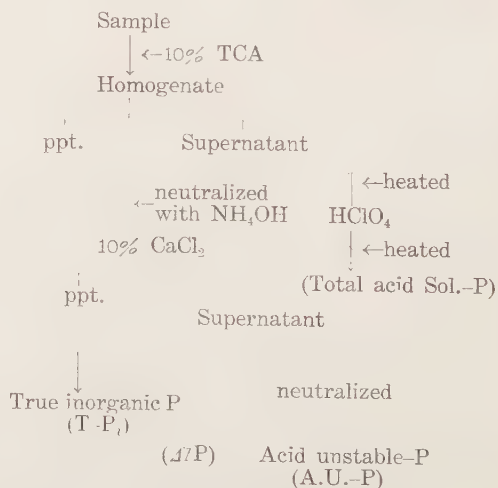
分析操作は LEPAGE 法[1,3,10] に少しく変更を加えたもので次のようである。すなわち 3～5 g の試料に 10% 冷 TCA 3～5 cc を加えて磨砕，遠沈し，5% TCA で再抽出せるのち上澄液を併せて分析試料とする。

酸溶性全燐酸 (Total acid sol.–P)：上記試料の一定量をガラス器にとり砂皿上で加熱，のち $HClO_4$ 1.25 cc を加えて加熱して中和することなく，そのまま発色する。

真無機燐酸（T–P_i）：NaOH で中和して pH 8.2 として $Ca(OH)_2$ で pH 8.8とした 10% $CaCl_2$ 溶液を 1/5 量加えて室温に 10 分間放置し，後遠沈して沈澱を約 5 cc の 0.1 N HCl で溶解し NH_4OH で中和して T–P_i 部分とした。

酸不安定性燐酸 (A.U.–P)：上の場合の $CaCl_2$ 非沈澱部分を中和した部分に就き ALLEN 法で発色した値を A.U.–P とした

7 分燐酸（⊿7P)：上記 $CaCl_2$ 非沈澱部分に



第1図 燐酸分析の手順

Fig. 1 Methods of extraction and fractionation of phosphate compounds.

* 病理昆虫部病害第2研究室

$HClO_4$ 1.2 cc を加え沸騰水浴中で7分間加熱したのち直ちに冷却し，中和することなく発色測定し，上記 A.U.-P 値を差引いた値を ⊿7P とする。

上記各分析の無機燐の測定は ALLEN 法により分光光度計，波長 635 mμ で pH 1.0 前後で行つた。

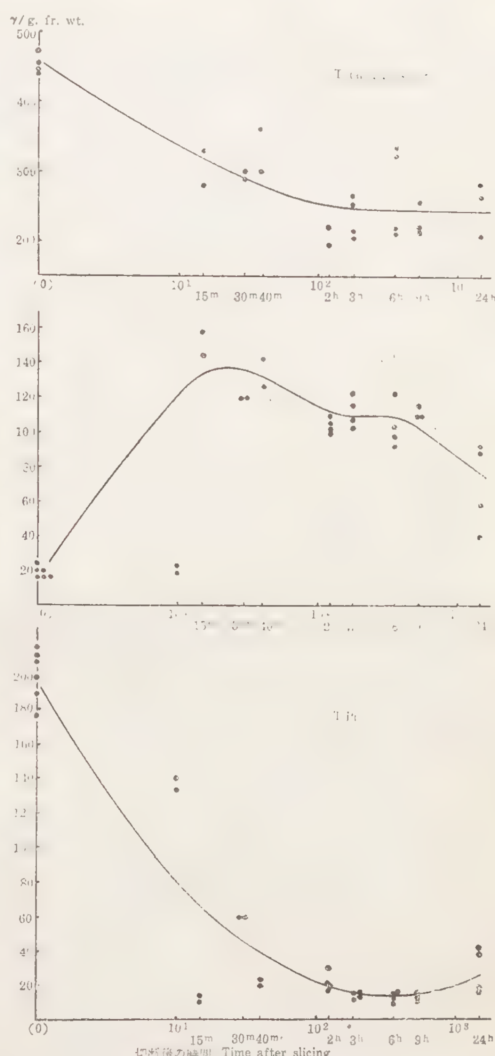
供試品種は主として「ケネベック」，時に「北海10号」を用いた。

II. 切断処理による酸溶性燐酸成分の変動

1）切断後流水に放置した場合

塊茎髄部よりコルクボーラーで組織を抜きとりミクロトームで厚さ 0.45 mm のスライスを作り，直ちに流水（水温 12～13°C）中に浸漬放置し，所定時間後良く水分をぬぐつた後秤量管中に入れて秤量し分析に供した。標準（図示する場合0時間，対数としては仮に 10^0 の位置に記入した）は実験法で述べた方法による。

実験結果は一括して第2図に示した。この図から切断処理後 10～30 分の短時間の間に $T\text{-}P_i$ が急激に減少し，逆に A.U.-P が急激に増加することが認められる。この $T\text{-}P_i$ の減少は対生体重に於ても同様に著しい減少となつて現われる。この分析時間は本実験の方法の範囲内では可能な最短時間であつて，もしもつと短かい時間で分析を行えばもつと速かな変化が認められることも考えられる。$T\text{-}P_i$ が急激に減少する理由の一つとして流水洗を行うことによる $T\text{-}P_i$ の流失も考えられる。実際に第2図に示されるように酸溶性全燐酸の減少（その酸溶性以外の形への転化も考えられるが）が認められる。しかし $T\text{-}P_i$ の減少に反比例して A.U.-P の増加が認められる点からみて，むしろ $T\text{-}P_i$ の減少はその有機態 P への転化によると考えるべきであろう。



第2図　0.45 mm スライスの P- 分画変動に対する切断処理（スライス作製操作）の影響（流水洗を行った場合）

Fig. 2　Changes in the acid soluble phosphate compounds content in potato tuber slices (0.45 mm in thickness) after slicing. The slices were immersed in streaming water after slicing.

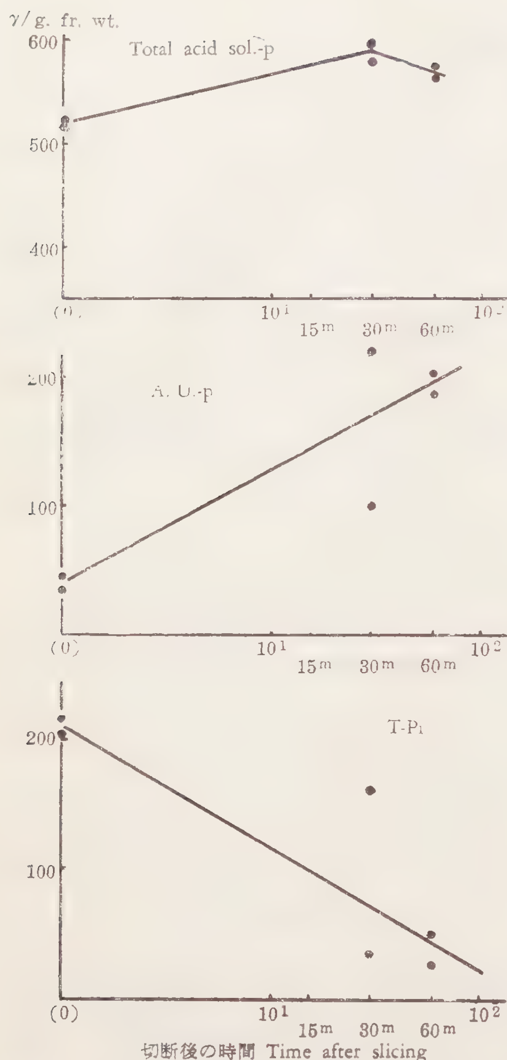
2）切断後流水洗を行わない場合

上に述べたように流水浸漬によつて燐酸成分が流出する恐れがあるので，スライスを作製したのち一さい水洗を行わず直ちにシャーレ内に並べ所定時間後に分析を行つた。

その結果を第3図に示した。この場合には酸溶性全 P の減少は認められないが，$T\text{-}P_i$ は減少し A.U.-P が増加する。この結果はスライス作製後のこの変化が無機燐の流出，スライスの吸水による生体重の変化などによるものではなく，切断に対する一つの反応であることを示している。なおこのように無水洗でシャーレ内に放置すると切断面が Polyphenol の酸化物で黒化する。

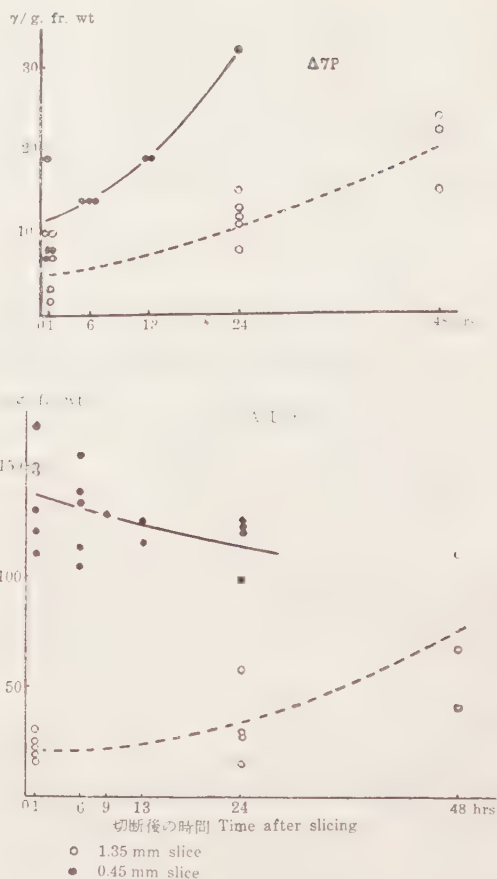
3）スライスの厚さと P- 分画変動の関係

次に塊茎組織より切り取るスライスの厚さが，この組織内部の P- 分画の変動とどのような関係を持つているかということを調べるために，「北海



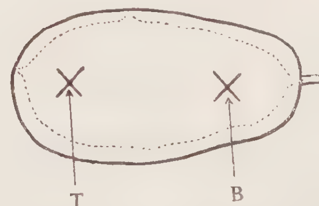
第 3 図　0.45 mm スライスの P-分画変動に対する切断処理（スライス作製操作）の影響（流水洗を行わぬ場合）

Fig. 3　Changes in the acid soluble phosphate compounds content in potato tuber slices (0.45 mm in thickness) induced by slicing. The slices were not immersed in water after slicing.



第 4 図　厚さの異つたスライスにおける $\Delta 7P$, A.U.-P の変動に対する切断処理（スライス作製操作）の影響

Fig. 4　Changes in $\Delta 7P$ and A.U.-P content in potato tuber slices of different thickness induced by slicing.



第 5 図　スライスを取つた塊茎の部位とその記号

Fig. 5　Parts of potato tuber from which the slices were removed.

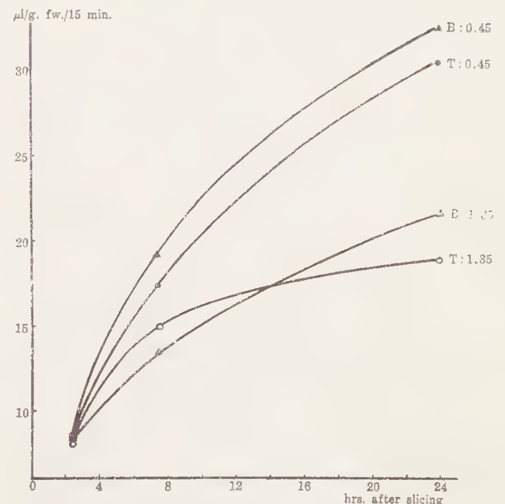
10 号」の塊茎組織のスライスを用いて分析を行つた。結果は第 4 図に示した。すなわち明らかに厚さ0.45 mm のスライスの場合には急激な A.U.-P の増加と T-P_i の減少があるが，その 3 倍の厚さをもつた 1.35 mm のスライスではその反応はきわめて緩慢であることが判る。次に $\Delta 7P$ を見るに一般に 0.45 mm スライスでも 1.35 mm スライスでも時間経過に伴つてその量が増加し，特に 0.45 mm スライスでは初期から既に増加が認められる。しかしその変化は T-P_i, A.U.-P のように急激なものではない。

次にこのような燐酸分画の変動が呼吸とどのような関係にあるかを明らかにするために品種「ケ

第1表　ケネベックの塊茎頂部および基部の髄部からとつた 0.45 mm 及び 1.35 mm スライスの酸素吸収量 (μl/g. fr.wt./15 min.)

Table 1　O_2-uptake of slices having 0.45 mm and 1.35 mm thickness which were removed from the base and top tissues of potato tuber (var. Kennebec).

塊茎の部位	頂　部 (T)		基　部 (B)	
Slice の厚さ	0.45 mm	1.35 mm	0.45 mm	1.35 mm
2.5 hrs.	8.77	8.13	9.53	8.69
	8.06	7.30	7.38	8.19
	8.64	8.69	8.85	8.55
(平均)	(8.49)	(8.04)	(8.59)	(8.48)
7.5 hrs.	17.37	14.96	19.07	13.44
24 hrs.	30.53	18.84	32.54	21.63



B : 0.45　塊茎基部よりの 0.45 mm スライス
B : 1.35　同上 1.35 mm スライス
T : 0.45　塊茎頂部よりの 0.45 mm スライス
T : 1.35　同上 1.35 mm スライス

第6図　塊茎基部及び頂部よりとった0.45 mm及び1.35 mmスライスの酸素吸収量の時間経過

Fig. 6　Increase in O_2-uptake of slices having 0.45 mm and 1.35 mm thickness which were removed from base and top tissues of potato tuber.

[illegible]を用い，その塊茎の基部及び頂部よりそれぞれ 0.45 mm スライスと 1.35 mm スライスを切りとつてその燐酸分画の変動と呼吸の変動を同一材料を用いて測定した。スライスは切り取り後直ちに水洗したのちシヤレー内に並べ，所定時間後に実験に供した。結果を第1, 2表及び第6図に示した。この場合の燐酸分画の変動は前述の「北海10号」の場合に良く一致する。また呼吸も一般に 0.45 mm スライスの方が 1.35 mm スライスより高く，燐酸の変動にほぼ一致するように思われるが，燐酸の初期の大変動に較べて呼吸は初期には殆ど著しい差がないことが注目される。また塊茎の基部と頂部を比較すると一般に基部から取つたスライスの方が頂部からとつたものより呼吸が高く，且つ燐酸成分の平衡も有機態型

第2表　馬鈴薯塊茎基部及び頂部より取つたスライスの燐酸成分の変動 (γ/g.fr.wt.)

Table 2　Changes of phosphorous compounds in the slices which were removed from the base and top tissues of potato tuber. (Kennebec)

分析項目	T-P_i/total acid sol. P				Δ/P, total acid sol. P			
塊茎部位	基　部 (B)		頂　部 (T)		基　部 (B)		頂　部 (T)	
スライス製作後時間 ＼ スライスの厚さ	0.45	1.35	0.45	1.35	0.45	1.35	0.45	1.35
0 hr. (標　準)	31.42		26.71		1.69		1.92	
	36.58		33.93		1.52		1.58	
	28.21		26.71		1.54		1.07	
	38.25		30.21		1.91		1.04	
(平　均)	(33.62)		(29.39)		(1.67)		(1.40)	
1 hr.	1.96	11.13	—	13.11	3.97	1.54	—	0.85
	2.19	11.78	2.08	30.21	4.38	0.65	1.81	1.88
	2.78	7.60	3.76	35.83	2.78	1.40	1.86	2.29
(平　均)	(2.31)	(10.17)	(2.92)	(26.38)	(3.71)	(1.20)	(1.84)	(1.68)
24 hrs.	0.98	21.32	1.54	23.1	3.43	2.90	3.47	2.87

第 3 表　馬鈴薯塊茎基部及び頂部より取つたスライスの疫病菌に対する抵抗性

Table 3　Resistance of slices, which were removed from different parts of potato tuber, to infection by *Phytophthora infestans*. (Kennebec)

スライスの位置 / スライスの厚さ	頂　部 (T)	基　部 (B)
0.45 mm	局部的に淡褐色 (S)	左　同 (S)
1.35 mm	褐　変(進行型) (S)	褐　変(停止型) (R)

の側によつているように見える。この実験に平行して同一材料を用いて疫病菌 (common race: race O) の接種試験を行つたが，第3表に示す如くに基部からとつたスライスの方が明かに抵抗性が強かつた。即ち代謝活性の大きいように見えるスライスの方が抵抗性が大であつて，この場合にも前諸報[5,6,7,8] と同様に抵抗性が代謝活性と密接な関係をもつと思われる。しかし高瀬[6] の塊茎切断面(半切)の抵抗性に関する実験によれば「ケネベック」ではむしろ基部の方が弱い傾向があるので，この点につき今後の検討が必要である。なお 0.45 mm スライスで抵抗性が失われているのはスライスを薄片にしたための抵抗性低下である（別報[11]）

III. 考　　察

以上述べた実験結果から，塊茎組織は切断処理によりその影響を強く受け，特に 0.45 mm の薄片スライスでは短時間内に急激な無機燐酸の減少が起ると結論される。顕微鏡観察によれば 0.45 mm スライスでは細胞は2～3層含むにすぎないのでこのスライスでは両面から強く切断の影響を受けていると考えられる。これに反して 1.35 mm スライスでは約 8 細胞層を含み中間 6 細胞層は切断の直接的影響を受けていないと考えられる。1.35 mm スライスに於ける燐酸成分の変動が緩慢であることからみて，急激な無機燐酸の減少は切断の直接的な影響を受けた生細胞の反応であるようにみえる。この無機燐酸の減少と同時に A.U.–P (酸不安定性燐酸) の急激な上昇が見られる。第4表に示した酸溶性燐酸の収支表からみて，少なくとも流水洗を行わない場合には減少した無機燐酸の殆んど全部が A.U.-P 及び ⊿7P として現れるとみて良いであろう。この A.U.–P の本態は未だ現在不明であるが，しかし有機態の燐酸と思われるから，切断処理によつて急激に



$$P_i \rightarrow P_{org.}$$

なる変化が起るとしてよいであろう。

ここでこのような薄片スライスと厚片スライスの反応の差が酸素の補給の難易によるものかどうかを検討してみる。BURTON (1950) (JAMES[2]) によれば，馬鈴薯塊茎組織には空気の通る間隙が存在して全組織の 0.62～1.34% であるという。したがつて馬鈴薯塊茎組織に対する酸素の拡散恒数は水に対するものより大であつて BURTON によれば D=2.9×10⁻⁴ mol/sq.cm/sec.* である。しかしスライスとしてワールブルグ容器中で振盪している場合にはある程度スライスの空隙が水で浸される場合もあると思われる（呼吸材料は測定時

第 4 表　馬鈴薯塊茎組織の切断による生理的変化に於ける酸溶性燐酸の収支表

Table 4　Balance sheat of acid soluble phosphate compounds in physiological changes in potato tuber slices after slicing. (γ/g.fr.wt.)

切断後の時間		Total acid sol.-P	T-P_i	A.U.-P	⊿7P
流水洗を行つた場合	実験開始時の平均	453	196	19	—
	切断後 9 時間以内の最高*, 最低量**	220**	16*	117**	—
	差　引	-233	−180	+ 98	—
流水洗を行わない場合	実験開始時の平均	518	210	39	10
	切断 1 時間後の平均	569	39	195	21
	差　引	+ 51	−171	+156	+ 11

までは空中放置)。そこで水に対する拡散恒数 $D=5.66\times10^{-7}$/sq.cm/sec.* と前述の塊茎組織に対する恒数の両方を用いて WARBURG の式 (WARBURG(11), JAMES(2))

$$U=C-\frac{ax(H-x)}{2D}$$

によつてスライスの中心部の酸素分圧を計算*した(第5表)。この式で U は表面より x cm の距離の酸素分圧, C は外気中の酸素分圧 (1 気圧の場合), a は組織の酸素吸収量(ml/sec./ml tissue), H はスライスの厚さ (cm) である。第5表から明かなようにDとして塊茎組織に対するもの($D_{(potato\text{-}tuber)}$) を用いた場合には 0.45 mm スライスと 1.35 mm スライスの間に差を見ないといつて良い。D として水に対するもの ($D_{(H_2O)}$) を用いた

第5表　0.45 mm 及び 1.35 mm スライスの中心部の酸素分圧(気圧)(ワールブルグ公式による計算値)

Table 5　Oxygen concentration (expressed as atmospheres) at the centre plane of potato tuber slices. (caluculated by WARBURG's equation).

切断後時間	拡散恒数	$D_{(H_2O)}$	D (potato-tuber)
2.5 hrs.	0.45 mm slice	0.2078	0.2089
	1.35 mm slice	0.1995	0.2089
24 hrs.	0.45 mm slice	0.2049	0.2089
	1.35 mm slice	0.1867	0.2089

註: 外気の酸素分圧を 0.2089 気圧とする。

場合には 1.35 mm スライスで若干酸素分圧の低下がみられる。燐酸分析の材料としてのスライスの場合はいうまでもなく，またワールブルグ装置で振盪中の材料の場合でも $D_{(H_2O)}$ よりは寧ろ $D_{(potato\text{-}tuber)}$ に近いと考えられるので，厚片スライスの場合でも特に著しい酸素不足におち入つているとは考えられない。ただ 0.45 mm スライスは前述のように殆ど全細胞の一側が空気に接している（細胞膜をへだてて）ので，その意味での酸素の影響は重視されるべきものであろう。別の報告で筆者ら(9) は，塊茎切断面隣接組織での呼吸逓減曲線は

$$r=r_0e^{-kx}$$

r: 切断面より x 細胞離れた位置に於ける呼吸量 (O_2 吸収量)

r_0: 切断面細胞の呼吸量

で示されることを明かにした。したがつて厚いスライスの反応が薄いスライスより低く現れる原因の一部はこの表層組織の切断反応と内部組織の反応の平均化にあるように想像される。

また両スライスに於ける漸進的な呼吸の上昇の原因の一部が低温室（約 0°C）から 18～19°C へさらされたためのものであることは[illegible]ないが，然しスライスの厚さによる呼吸上昇，燐酸成分の変化の差はこの温度上昇とは無関係である。

いずれにしても薄片スライスでは燐酸成分の平衡が有機態の側へ傾き且つ ⊿7P が増加し同時に呼吸の活性が大である。これに反して 1.35 mm のスライスではこれらの傾向がすくない。すなわち燐酸成分の平衡点の有機態型への移動は呼吸の活性とよく一致しているようにみえる。しかし燐酸の変動は切断の極く初期に既に見られるにかかわらず，呼吸の上昇は著しく緩慢であつて，燐酸成分の変動が呼吸上昇に先行しているように想像される。これらの問題の詳細および A.U.-P 分画の検討は現在継続中である。

V. 摘　　要

1. 馬鈴薯塊茎組織からスライスを切りとつた場合の酸溶性燐酸分画及び呼吸の変動を調べた。

2. 切断処理（スライスの切りとり）によりその切断の影響を受けた組織に急激な（10 分～30 分以内）無機燐酸の減少が見られ，同時に酸不安定性燐酸が増加する。これらに伴つて ⊿7P が徐々に増加する。

3. 以上は切りとつたスライスが 0.45 mm の厚さの場合で，1.35 mm の厚さの場合には燐酸の変動は著しく緩慢である。

4. 呼吸は初期には 0.45 mm 及び 1.35 mm スライス間に殆んど著しい差をみないが，後期に 0.45 mm スライスの方が著しく高くなる。

5. WARBURG の式によりスライスの中心部の酸素分圧を計算して厚薄両スライスの間に殆ど差のないことを知つた。

6. 以上から馬鈴薯塊茎の切断の影響を強く受けた細胞では，その呼吸の上昇の初期に酸溶性燐

* これらの恒数は 20°C を中心とする生物温度にほゞ適用される (JAMES(2), p. 143)。

酸の平衡点に大きな変動が起り著しく有機態型の側へ傾くことが結論される。

引　用　文　献

1. Fiske, C. H. and Y. Subbarow (1925): The colorimetric determination of phosphorus. Jour. Biol. Chem., 66, 375–400.
2. James, W. O. (1953): Plant respiration. Oxford.
3. 中村道徳 (1950): 燐酸の比色定量法, 日農化, 24, 1～5.
4. 高瀬昇 (1956): 日植病報, 19, 179.
5. 冨山宏平・高瀬昇・酒井隆太郎・高桑亮 (1956): 疫病菌の侵入に対する馬鈴薯の抵抗反応に関する生理学的研究 I, 北海道農試彙報, 71, 32～50.
6. [illegible] (19[illegible]): 同上, II, [illegible]病報, 20, 59～64.
7. [illegible] (1956): 同上, III, [illegible]病報, 21, 17～22。
8. [illegible] (19[illegible]): 同上 IV, [illegible]病報, 21, 投稿中。
9. 冨山宏平・高瀬昇・高桑亮・酒井隆太郎・竹森俊彦 (1956): 抵抗性に於ける隣接健全細胞群の生体反応の積分的効果に就いて, 日植病報, 21, 109.
10. Umbreit, W. W., R. H. Burris and J. F. Stauffer (1951): Manometric techniques and tissue metabolism.
11. Warburg, O. (1923): Versuche an überlebendem Carcinomgewebe. Biochem. Zeitschr 142, 317～336.

Résumé

Sliced tissue of potato tuber supplies very favourite materials for physiological experiments on the defence reaction of potato plant to infection by *P. infestans*.

Before studying the late blight resistance, however, it will be necessary to learn the physiological changes in tissue of potato tuber slice which may be induced by the act of preparing the slice. So in the present experiments it was planned to study physiological changes, especially changes in acid soluble phosphate compounds fraction and in respiration of slices of potato tuber tissue during the short period after slicing. The acid soluble phosphate compounds fractions determined were total soluble phosphate compounds, acid unstable-P (A.U.-P), true inorganic-P (T-P_i), and ⊿7P. The analytical methods used are shown in Fig. 1.

Plugs of tissue removed from the interior of tuber by means of a cork borer 2.2 cm in diameter, were worked up into slices 0.45 mm thick with microtome. Then the slices were used for analytical experiments.

Within about 10 minutes after slicing, T-P_i in the slice suddenly decreased, while, contrariwise, A.U.-P increased within the same time. Such a sudden change in acid soluble phosphate compounds is not affected by washing slices with water after slicing. The ammount of phosphate lost as inorganic phosphate was nearly the same as that of the phosphate which increased as A.U.-P, when the slice was not washed with water after slicing. In company with such a change, content of the phosphate in ⊿7P increased after slicing.

When the slice is 1.35 mm thick, no such sudden change in acid soluble phosphate fractions was found, but they change slowly. T-P_i gradually decreases and at the same time A.U.-P and ⊿7P increase gradually.

No remarkable difference in oxygen consumption was found between slices of 0.45 mm and 1.35 mm in thickness within about 2～3 hrs. after slicing, but later the difference became evident: the oxygen consumption of 0.45 mm-slice is greater than that of 1.35 mm slice. So it may be presumed that, when potato tuber is sliced, the sudden change in acid soluble phosphate compounds takes place, before consumption of oxygen increases remarkably.

To know whether the difference of oxygen invasion of slice tissue is found between slices of 0.45 mm and 1.35 mm thick, or not, the oxygen concentration at the center plane of potato tuber slices was calculated by using Warburg's equation,

$$U - C = \frac{ax(H-x)}{2D}$$

It was shown that no practical difference is to be found between the oxygen concentration at the centre plane of 1.35 mm– and at that of 0.45 mm– slices.

So the difference in physiological changes between thick and thin slices suggests that the sudden changes in acid soluble phosphate fraction in thin ones, consisting of 2～3 living cell layers, is owing not to easy oxygen supply, but to the reaction of all the cells of the slices to the act of slicing.

The alteration in temperature occurring when tuber was transferred from storage (about 0°C) to laboratory (about 18-20°C) may be an important cause of respiratory acceleration, but it cannot be a cause of the difference of respiratory acceleration between thick and thin slices.

農薬の連年土壌施用が作物植生に及ぼす影響[†]

桜井 清* 堤 正明*
富山宏平** 竹森俊彦**

EFFECT OF YEARLY SOIL TREATMENTS WITH AGRICULTURAL CHEMICALS ON THE GROWTH BEHAVIOR OF WHEAT AND SOY BEAN[†]

By Kiyoshi SAKURAI, Kohei TOMIYAMA, Masaaki TSUTSUMI and Toshihiko TAKEMORI

近年土壌害虫防除のため，土壌に直接農薬を施用する場面が多くなり，その蓄積による薬害が問題となり，種々研究が行われるようになつてきた。

北海道において現在麦類雪腐病防除に，根雪直前に水銀粉剤を地表茎葉に撒布し，またハリガネムシ類（特に馬鈴薯を害するもの）に対しては，播種前に BHC 粉剤を土壌中に混入する方法が普及し，年々相当量の薬剤が使用されている。この防除法は，雪腐病については昭和 20 年，ハリガネムシについては同 24 年より，それぞれ施行された防除試験の結果にもとづくものであるが[8, 9, 10]，当時これらの農薬が将来多量に施用されるようになつた場合，その土壌蓄積による影響が懸念された。よつてこれを確かめるため，昭和 25～29 年の 5 箇年間，圃場試験を継続施行し，更に同 30 年大豆根瘤菌調査を主体として調査を行つた。本試験は実用使用量を標準として施用し，指導上の資料とせんとしたもので，化学分析による蓄積量の測定，土壌微生物数の調査などを欠くが，一応結論を得たので，ここに公表したいと思う。

本試験の施行にあたつては，当場次長桑山覚博士，病理昆虫部長田中一郎技官の御指導を賜わり，赤井純，堀田豊氏等の協力を得た。また大豆根瘤菌の調査には，北海道立農業試験場化学部松代平治，赤城仰哉両技師の手を煩わした。ここに記して上記各位に深謝の意を表する。

---

† 本報の一部（BHC 関係分），は昭和 30 年度応用動学会・日本応用昆虫学会合同大会シンポジウムにおいて発表した。

* 病理昆虫部害虫研究室 ** 同病害第 2 研究室

試験方法

試験圃場 農業試験場圃場で，土壌は腐植を含む砂壌土。害虫の被害による誤差を防ぐため，従来ハ[illegible]被害のない圃場を[illegible]し，1 区 2 坪，3 連制，乱塊法により試験区を配置した。

供試作物並びに栽培法 春播小麦「春蒔小麦農林 29 号」，大豆「十勝長葉」を供試し，作物別に圃場を 2 分して，両圃場全く同様の薬剤処理を行つた。昭和 25～27 年の 3 箇年は両作物とも同一圃場に連作したが，連作による病害虫の増加あるいは収量減等を防ぐため，同 28 年に両圃場を交換して，28～30 年の 3 箇年連作を行つた。小麦は畦巾 45 cm で昭和 25 年は条播，他の年は 4.5 cm 間隔千鳥播とした。播種 4 月 23 日～28 日，収穫 8 月 5 日～13 日。大豆は畦巾 45 cm，株間 15 cm，1 株 2 本立とした。播種 5 月 13 日～18 日，収穫 10 月 8 日～12 日。

薬剤処理方法 セレサン及び撒粉ボルドーは雪腐病防除，BHC はハリガネムシ防除を目標とした場合に準じて行つた。即ちセレサン及び撒粉ボルドーは，前年秋季（10 月 18 日～11 月 9 日）耕鋤整地後，地表全面に撒粉してそのまま放置し，翌春再び耕鋤後播種した。BHC は春季播種前（播種当日）に，反当 0.5 kg 区は作条，他は耕鋤後の全面に撒布して後，鍬で土壌中に混入した。混入の深さは 8～10 cm 程度である。

試験区別

1. BHCγ 0.5% 粉剤 反当 0.5 kg 連年施用（作条）
2. 同 7.5 kg 連年施用
3. 同 15 kg 連年施用

4.　同　　　15 kg 隔年施用（昭和 25, 27, 29年）
5.　セレサン　反当 1.3 kg 連年施用
6.　同　　　1.3 kg 隔年施用（昭和 24, 26, 28 年秋）
7.　同　　　2.6 kg 連年施用
8.　撒粉ボルドー　反当 4 kg 連年施用
9.　標準無処理

調査方法　小麦は発芽状況，草丈（発芽揃20日後及び出穂後），子実重，稿稈重，1000 粒重の調査を行つた。大豆は草丈（発芽揃 30 日後及び成熟期），子実重，稿稈重の調査を行つた。大豆根瘤菌調査は発芽揃 30 日後に中央畦より任意に 10 本抜取り，主根，側根別に根瘤数並びに根瘤重量を調査した。

試験結果

生育並びに収量調査は昭和 25～29 年の 5 箇年とし，同 30 年は大豆根瘤菌に対する影響の調査を主体とし，参考として生育，収量調査を行つた。薬剤の施用は殺菌剤は 28 年秋季で打切り，BHC は 30 年春季まで施用した。従つて生育，収量についての検討は，29 年までの結果によるが，参考として 30 年の調査結果をつけ加えた。なお調査成績は主要なもののみを掲げた。

（1）小　麦　小麦の生育並びに収量調査結果は

第 1 表　小麦草丈調査（cm）
Table 1　Plant height of spring wheat in each plot.

処理　年次	昭 25	26 **	27	28 *	29
BHC 0.5 kg	95.6	77.1	110.8	127.7	112.4
〃 7.5 kg	88.1	82.0	113.3	129.5	115.9
〃 15 kg	88.2	80.3	112.4	125.3	110.4
〃 15 kg（隔年）	84.5	80.3	111.2	127.5	111.8
セレサン 1.3 kg	90.1	72.3	111.2	123.1	111.9
〃 1.3 kg（隔年）	85.0	75.0	114.3	123.1	110.2
〃 2.6 kg	85.7	74.0	111.4	123.1	111.9
撒粉ボルドー 4 kg	85.0	73.9	112.0	121.2	111.9
無処理	90.1	76.6	112.2	120.6	107.2

第 2 表　小麦子実重調査（g）
Table 2　Yield of spring wheat in each plot.

処理　年次	昭 25	26 *	27 *	28	29	30
BHC 0.5 kg	949	1,811	1,305	908	1,493	761
〃 7.5 kg	1,039	1,849	1,414	840	1,418	683
〃 15 kg	964	1,774	1,283	836	1,226	713
〃 15 kg（隔年）	1,080	1,826	1,294	938	1,350	633
セレサン 1.3 kg	851	1,463	1,193	750	1,369	(724)
〃 1.3 kg（隔年）	975	1,500	1,275	799	1,339	(731)
〃 2.6 kg	938	1,661	1,165	889	1,414	(720)
撒粉ボルドー 4kg	1,013	1,564	1,144	761	1,230	(814)
無処理	1,076	1,549	1,114	750	1,256	626

註　昭和30年収量中，カッコを施した区は 29 年秋季殺菌剤を施用しなかつたが，参考として掲げた。

第 3 表　小麦子実重の分散分析表
Table 3　Analysis of variance of the yield of spring wheat.

要因	D.F.	F 値
全体	134	
ブロック	10	
年次	4	151.73**
処理	8	3.98**
処理 × 年次	32	1.00
誤差	80	

第 4 表　小麦稿稈重調査（g）
Table 4　Straw yield of spring wheat in each plot.

処理　年次	昭 25	26	27	28	29
BHC 0.5 kg	3,000	3,323	3,143	3,300	2,254
〃 7.5 kg	2,636	3,499	3,161	3,638	2,280
〃 15 kg	2,738	3,263	3,094	3,401	2,261
〃 15 kg（隔年）	2,644	3,124	3,045	3,533	1,999
セレサン 1.3 kg	2,348	2,723	2,801	2,900	1,969
〃 1.3 kg（隔年）	3,075	3,173	3,045	2,933	1,999
〃 2.6 kg	3,038	3,229	2,888	2,888	2,411
撒粉ボルドー 4 kg	2,576	3,011	2,783	3,383	2,036
無処理	2,883	2,861	2,820	2,595	2,081

第 5 表　小麦千粒重調査（g）
Table 5　Weight of a thousand grains of spring wheat in each plot.

処理　年次	昭 25	26	27	28	29	30
BHC 0.5 kg	28.8	31.7	36.8	18.1	52.4	35.7
〃 7.5 kg	30.6	32.8	36.5	19.0	54.5	34.2
〃 15 kg	30.1	32.3	35.9	18.6	55.1	34.7
〃 15 kg（隔年）	31.0	32.9	35.4	18.9	51.8	36.6
セレサン 1.3 kg	31.5	31.0	36.6	17.7	52.5	(36.1)
〃 1.3 kg（隔年）	28.3	31.6	35.7	18.2	48.9	(35.9)
〃 2.6 kg	21.6	31.5	37.0	19.0	52.9	(36.7)
撒粉ボルドー 4 kg	28.8	31.9	35.2	19.5	53.8	(36.3)
無処理	29.9	32.1	36.1	18.4	53.7	34.6

第1～第5表に示した。草丈は昭和26年及び同28年に処理間に有意差が認められ，BHC 7.5kg施用区が無処理区に比し草丈が高い結果を示したが，他の年においては差がなかつた。なお草丈の中間調査においては処理間に差異が認められなかつた。子実重は26，27両年の結果に有意差があり，両年ともBHC施用区は無処理に比しいずれも収量増を示し，殺菌剤では26年はセレサン2.6kg連年施用，27年は同1.3kg隔年施用区が増加したが，他の区は無処理区と差異が認められなかつた。その他の年においては各処理間に有意差がない。稿稈重及び1000粒重は，いずれも差異が認められない。

（2） **大　豆**　大豆の生育並びに収量調査は第6表～第9表に示した。草丈は昭和28年に処理間に有意差がみられ，セレサン1.3kg連年施用区の草丈が，無処理区に比し低かつた。他の年はいずれも有意差が認められない。子実重は28年に有意差が認められたが，無処理区と有意な差を示した区はなかつた。稿稈重は27，29両年に有意差が認められた。

次に昭和30年に行つた大豆根瘤菌調査結果は，

第6表 大豆草丈調査 (cm)

Table 6 Plant height of soy bean in each plot.

処理 ＼ 年次	昭 25	26	27	28*	29
BHC 0.5kg	76.6	67.5	66.5	69.3	64.3
〃 7.5kg	70.7	66.3	68.5	67.0	66.1
〃 15kg	73.3	66.9	73.6	70.8	63.6
〃 15kg（隔年）	72.4	72.9	75.5	67.3	66.5
セレサン 1.3kg	73.6	66.5	76.2	62.2	57.2
〃 1.3kg(隔年)	70.9	69.4	72.9	71.5	66.2
〃 2.6kg	75.6	67.4	72.9	69.2	65.1
撒粉ボルドー 4kg	75.3	67.5	75.4	65.6	70.4
無処理	67.0	64.8	68.1	70.3	67.3

第7表 大豆子実重調査 (g)

Table 7 Yield of soy bean in each plot.

処理 ＼ 年次	昭 25	26	27	28*	29	30
BHC 0.5kg	1,324	1,245	799	1,114	870	1,688
〃 7.5kg	1,388	1,061	799	1,238	911	1,744
〃 15kg	1,508	1,024	881	1,301	814	1,744
〃 15kg (隔年)	1,538	1,369	956	1,136	889	1,800
セレサン 1.3kg	1,125	1,024	843	964	698	(1,481)
〃 1.3kg(隔年)	1,425	1,024	814	1,170	758	(1,568)
〃 26kg	1,650	1,181	938	1,088	825	(1,650)
撒粉ボルドー 4kg	1,219	1,005	863	1,001	870	(1,406)
無処理	1,260	911	712	1.125	739	1,369

第8表 大豆子実重の分散分析表

Table 8 Analysis of variance of yield of soy bean.

要因	D.F.	F値
全体	134	
ブロック	10	
年次	4	[illegible]**
処理	8	[illegible]
処理 × 年次	32	2.27**
誤差	80	

第9表 大豆茎稈重調査 (g)

Table 9 Stem and branch of soy bean in each plot.

処理 ＼ 年次	昭 25	26	27	28	29
BHC 0.5kg	2,149	1,995	1,564	1,639	1,706
〃 7.5kg	2,108	1,988	1,264	1,538	1,639
〃 15kg	2,456	1,684	1,474	1,774	1,376
〃 15kg（隔年）	2,449	2,408	1,763	1,613	1,725
セレサン 1.3kg	2,149	1,800	1,511	1,376	1,313
〃 1.3kg(隔年)	2,486	1,954	1,564	1,594	1,493
〃 2.6kg	2,726	2,014	1,624	1,725	1,635
撒粉ボルドー 4kg	2,411	1,792	1,549	1,414	1,718
無処理	2,606	1,339	1,388	1,601	1,249

第10表 大豆根瘤菌調査（昭30）

Table 10 Effect of yearly treatments with agricultural chemicals upon the growth of root nodules of soy bean.

処理	根瘤数	根瘤重量（乾物）
BHC 0.5kg	780	650.5mg
〃 7.5kg	1,123	716.1
〃 15kg	959	784.8
〃 15kg（隔年）	914	639.4
セレサン 1.3kg	809	554.8
〃 1.3kg（隔年）	733	608.7
〃 2.6kg	919	512.8
撒粉ボルドー 4kg	787	690.9
無処理	868	503.7

註　根瘤数は主根，側根計，重量は主根。10本当，3区平均。

第 10 表に示したとおり，処理間に差はみられなかつた。

考　　察

以上，年次別に行つた分散分析結果では，年により生育，収量に差異のみられた場合もあつたが，これを 5 箇年（昭和 25～29 年）を通じて見ると，小麦においては第 3 表に示すとおりである。即ち年次及び処理間に有意な結果がみられた。これは 26，27 両年に，BHC 施用区が，無処理区に比し著しく高い収量を示したためであろう。また大豆についてみれば，第 8 表に示したように処理間には有意差が見られないが，年次と処理間の相互作用が有意であることが示されている。これは 28 年のセレサン 1.3 kg 連用区と撒粉ボルドー 4 kg 連用区における収量減が反映しているものと考える，しかし前者はそれより多量の 2.6 kg 連用区において影響がないこと，また後者は翌 29 年に良好な収量を得ていることから，全般的にみて誤差の範囲とみて差支えなかろう。以上の結果より，本試験の範囲内においては，連年施用により，少なくとも悪影響は認められないと結論し得る。

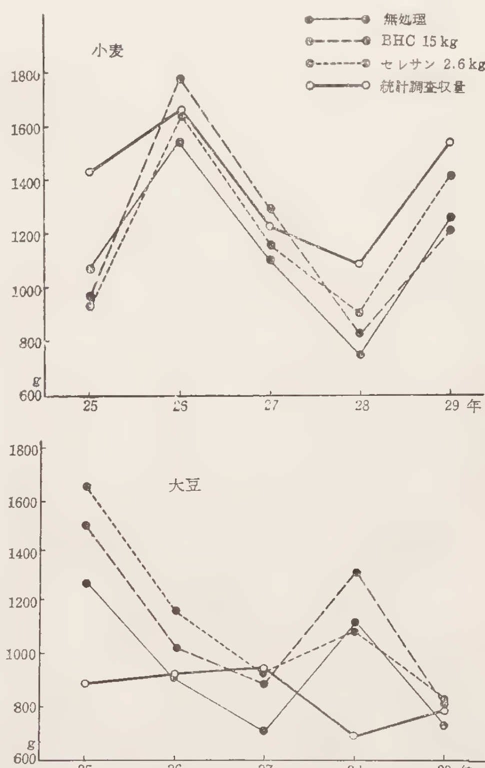
ここで問題となるのは，土壌害虫及び害菌の影響で，標準区においては，これらが防除されないため，その影響を受け，薬剤処理区において実際に薬害があつても両者の害が相殺されて，薬害が表面に現われなかつたかも知れないということである。しかしこれは，大豆と小麦の圃場を交換して作付した昭和 28 年においても，薬剤処理区の生育が標準区に比して劣らない事実（大豆のセレサン 1.3 kg 区では生育の劣つた傾向があるが，前述のようにその倍量区では劣つていないので，偶然と考えられる）からみれば，菌虫の影響はあつたとしても，その影響はそれほど著しいものとは考えられない。

次に標準区は薬剤処理区に比して，概して収量が低い傾向を示しているが，これが何に起因するかを知るため，昭和 28，29 両年において調査した小麦発芽率と子実重の各々の標準区に対する比率を調べてみた。その結果は第 11 表のとおりである。これによれば，発芽率及び子実重の標準区に対する比率は，ほとんど傾向を同じくしている。従つて小麦の場合は，その収量は発芽率の多少に影響されたもので，薬剤そのものの生育自体に対

第 11 表　発芽率と子実重の比率比較

Table 11　Comparison of the ratio of emergence percentage of seed and yield in each plot to those of control.

処理 ＼ 年次	昭 28 発芽率 %	昭 28 発芽比率	昭 28 子実重比率	昭 29 発芽率 %	昭 29 発芽比率	昭 29 子実重比率
BHC 0.5 kg	95.0	119	121	81.3	105	119
〃 7.5 kg	93.0	117	112	87.3	113	113
〃 15 kg	93.0	117	112	86.3	112	98
〃 15 kg（隔年）	95.2	119	125	[illegible]	111	[illegible]
セレサン 1.3 kg	84.7	106	100	86.0	105	109
〃 1.3 kg（隔年）	85.7	108	102	80.3	104	107
〃 2.6 kg	73.0	104	116	78.0	106	113
撒粉ボルドー 4 kg	80.0	100	102	83.7	108	98
無処理	79.7	100	100	77.3	100	100



第 1 図　収量の年次変動（気象感応試験収量との比較）

Fig. 1　Comparison of the yields of wheat and soy bean in the each plots of present experiments with that in the experimental field of statistics and survey office, Sapporo, where the meteorological influence upon the growth of crops has been observed.

する影響は実用的に認められないと結論される。土壌害虫（特にハリガネムシ）数の観察結果では，各区間ほとんど標準区との間に差が認められなかつたので，発芽率の多少は少なくともハリガネムシの被害による発芽障害ではないように考えられるが，その原因は判然しない。

次に収量が年次によつて異つているが，これが薬剤の影響によるものでないかを検討するため，農林省統計調査事務所の気象感応試験収量と比較してみた。その結果を第1図に示した。これによれば，小麦の場合は両者同一品種で，収量増減の傾向が全く一致し，年次変動は気象的なものと考えられる。大豆の場合は品種が異るが，いずれも"晩のやや早種"で，両者の傾向が必ずしも一致しない結果を示した。特に昭和 28 年は著しく逆の傾向を示し，気象感応試験における収量が下降しているのに，本試験では上昇している。これは連作によりその障害（病害虫以外の）が現われていたのが，圃場交換によつて旧に復したものともみられるが，いずれにしても薬剤処理と無処理区の収量が平行している点からして，小麦の場合と同様に結論して差支えないものと考えられる。

以上本試験の結果について考察したが，次に農薬の土壌蓄積に関係ある業績の主なものと対比して更に考察を加えて見たいと思う。

殺菌剤については，従来特に果樹園のように大量の銅剤を年々撒布する場合，土壌中に異常に蓄積した銅が問題となることがしばしばあつた（三井等，1955）。しかし一般にはボルドー液撒布による土壌蓄積の害は著しくないことが知られている。有機水銀剤の土壌中における異常蓄積については，近年土壌消毒に水銀剤を使用するようになつて問題となつてきた。Booer (1944) は土壌中に施用された水銀剤は，比較的速かに硫化水銀に変つて無毒化することを示し，この場合土壌中の硫化菌が重要な働きをするとした。また最近宇井 (1955) も土壌中の有機水銀が速かにその効果を失うことを示した。これらの成績は，本試験において秋季の殺菌剤撒布が翌年の植生に何ら影響がなく，連年施用による影響もみられなかつた事実と一致するものとみてよかろう。

次に BHC については，本試験開始当時の市販 BHC 粉剤は γ0.5% であつたので，同濃度のものを供試したが，その後高 γ 濃度のものが製造，一般に使用されるようになつた。従つて本試験の使用量では蓄積の問題の考究には量が少ないようにも考えられるに至つたので，薬害発現の量とあわせて考察を加えることにする。

土壌中に施用された BHC の薬害は，土壌の種類，施用の深さ，その他種々の条件によつて異ることが多くの報告によつて明らかにされている。したがつて土壌中における残留及び蓄積も種々の条件によつて左右されることは勿論で，報告された結果も区々である。尾崎 (1955) は海外の種々の例を総括して，各種作物に対する BHC の薬害発現量を表示している。これを反当 γ-BHC 量として示せば，燕麦で 1100 g，大豆で 670 g である。また岡本 (1956) によれば麦類に対する薬害の発現量は，年により，場所によつて大きな開きがあるが，そのうちの最低量は 270 g で，一応限界量とみてよかろう。次に土壌中に施用した BHC の残留または蓄積に関する報告のうち，実際に連年施用した1例として，Morrison (1953) は BHC 水溶液を 3 箇年連続土壌に撒布した場合，反当換算 γ-BHC 量として 560 g 施用しても大麦の収量に影響なく，反当 2 kg，7 kg は初年目に甚だしい薬害を生じたが，翌年使用を中止したら正常の生育を示したという。また岡本 (1956) は土壌中の BHC の薬害は速かに消失し，3% 粉剤反当 10 kg 程度を 3 年間続けて撒粉しても，この程度の量では蓄積されるよりも消失の方が早く，麦類に対して何の影響もないと報告している。

本試験に施用した BHC 量は，前述のように γ0.5% 粉剤を供試したため，上記の各例よりはるかに少なく，蓄積による薬害が生じなかつたことは当然といえよう。しかし現在各種土壌害虫防除のため BHC を直接土壌に施用する場合，その施用量は害虫の種類によつても異るが，ハリガネムシに対しては，全面施用として 3% 粉剤 2 kg 程度，その限度は 3 kg と考えられるので，本試験の施用量は実用使用量と考えてよかろう。

以上，本試験の結果は，水銀剤，銅剤，BHC いずれの場合も他の試験結果とほぼ同様の傾向が見られた。しかして本試験の供試薬剤の最高施用量は，セレサンは水銀量 39 g で，実用施用量の約 2 倍にあたり，BHC 粉剤は γ 量として 75 g で，実用使用量にほぼ等しい。このような薬量を実際に圃場に 5～6 年連続施用した本試験結果より，一

般畑作においては，銅剤，水銀剤，BHC 等を直接土中または地表に施用する場合，慣行施用量をはるかに超える多量を連年施用しない限り，その蓄積による薬害は実用上問題にする必要はないものと結論される。

摘　　要

1. 近年，土壌病害虫防除のため，土壌中に多量に施用されるようになつたセレサン，撒粉ボルドー，BHC 等の連年施用の土壌蓄積による薬害の有無を知るため，昭和 25～30 年の 6 箇年にわたり圃場試験を施行した。

2. 試験は小麦及び大豆を供試し，ハリガネムシ及び麦類雪腐病防除を対象とし，BHCはγ0.5%粉剤反当 0.5 kg，7.5 kg，15 kg 各連年及び 15 kg 隔年施用とし，セレサンは反当 1.3 kg，2.6 kg 各連年，1.3 kg 隔年，撒粉ボルドー反当 4 kg 連年施用とした。

3. 本試験の最高施用量は，セレサンは水銀量 39 g で，これは実用使用量の約 2 倍にあたり，BHC 粉剤は γ 量として 75 g で，実用使用量にほぼ等しい。

4. 調査は生育及び収量について行つたが，小麦及び大豆に対し，いずれの薬剤も 5～6 箇年連続施用しても，なんら悪影響がみられなかつた。大豆根瘤菌に対しても悪影響がなかつた。

5. 以上の試験結果より，一般畑作においては，銅剤，水銀剤，BHC 等を直接土壌中または地表に施用する場合，適量をはるかに超える多量を連年施用しない限り，その蓄積による薬害は実用上問題にする必要はないものと認められる。

引用文献

(1) BOOER, J. R. (1944) Behavior of Hg compounds in soil. Ann. Appl. Biol. 31, 340～359.

(2) 三井進午・熊沢喜久雄・矢崎仁也 (1955) 土壌中の銅の集積が作物の鉄・マンガンの栄養に及ぼす影響に就いて　日・土・肥・雑, 25 補冊 1, 22.

(3) MORRISON, F. O. (1953) Effect of soil treatment with BHC and Lindane on barley yields. Jour. Econ. Ent., 46 (1), 173～174.

(4) 尾崎幸三郎 (1954) 土壌中の殺虫剤による薬害とその残留　植物防疫, 9 (5), 197～200; 9 (6), 197～200, 241～245.

(5) 岡本大二郎 (1956) 応用動物学会・日本応用昆虫学会第 2 回シンポジウム講演および討論要旨, 33～35.

(6) 坪井武夫 (1956) 同上, 38～41.

(7) 桜井　清 (1956) 同上, 35～37.

(8) ・藤森信四郎・旭川清一 (1952) 馬鈴薯を害するハリガネムシとその防除法　北農, 19 (4), 23～30.

(9) ・堤　正明・旭川清一 (1953) 馬鈴薯を害するハリガネムシに対する高γ濃度 BHC 粉剤並びに有機燐製剤の防除効果　北農, 20 (5), 1～14.

(10) 富山宏平 (1955) 麦類雪腐病に関する研究　北海道農試報告, 第 47 号.

(11) 宇井格生 (1955) 土壌に施用せる有機水銀剤の不活性化について　日・植・病・報, 19(3～4), 177.

Résumé

The present experiments were carried out in the field of the Hokkaido Nat. Agr. Exp. Sta., Sapporo, during the years from 1950 to 1955, to learn the effect of yearly soil treatment with organic mercury compounds, copper compounds and BHC on the growth behavior of spring wheat and soy bean.

The chemicals tested were as follows:

Sanpun bordeaux (Bordeaux mixture 6% Cu for dusting): 16.3 kg per acre every autumn.

Ceresan dust (Organic mercury compounds 1.5% Hg): 5.3 and 10.6 kg per acre every autumn and 5.3 kg in alternate autumns.

BHC γ 0.5% dust: 2, 30.6 and 61.2 kg per acre every spring, and 63 kg alternate springs.

The soil was treated prior to sowing of crops.

It was at least learned from these experiments which continued for five years that the yearly soil treatments with the above-mentioned chemicals were not unfavorable for the growth and yield of wheat and soy bean. It is interesting that the soil treatment with all chemicals tested exerted no influence upon the number of root nodules of soy bean.

アワノメイガ *Pyrausta nubilalis* HÜBNER の発育について（予報）

松本 蕃* 島崎忠雄*

ON THE DEVELOPMENT OF THE EUROPEAN CORN BORER, *PYRAUSTA NUBILALIS* HÜBNER (PRELIMINARY REPORT)

By Shigeru MATSUMOTO and Tadao SHIMAZAKI

アワノメイガに1化性群と多化性群が存在し，この相違は環境によるものかまたは遺伝的に異なる系統であるかについては，BABCOCK (1927) 以来多くの研究者によつて論議されてきたが、ARBUTHNOT (1944) により遺伝的に異なる1化性系統と2化性系統が存在することが証明された。各地における多化性系統の年間世代数はその地の気象条件と密接な関係があり，特に温度と降水量によつて規定されることは BABCOCK (1927), 桑山 (1929, 1930), CLARK (1934), KOZHANCHIKOV (1938), ARBUTHNOT (1949) その他多くの人々によつて明らかにされている。また，本種の各態の発育についても BABCOCK (1924) をはじめとして多くの研究がある。

北海道のアワノメイガについては桑山 (1930) の大著があり，年間世代数の変動についても述べられている。

本実験は1955年に行つたもので，室内飼育並びに圃場調査より温度と各態発育との関係並びに休眠性について若干の知見を得たので予報としてここに報告する。

本文に入るに先き立ち，終始御指導を賜つている桑山覚博士，桜井清技官に心から御礼申し上げる。

I. 試 験 方 法

室内飼育 トウモロコシの茎中で越年した老熟幼虫を早春 25°C に加温して発育を促し，羽化した成虫を腰高シヤーレに収め，25°C で交尾産卵させた。幼虫飼育は MATHES (1936) にならつて，底面に 80 メッシュの金網を張り，上面はガラス板でおおうようになつている木箱 （内径 18×8×5 cm）を用いた。食餌は 7 月 12 日まではイタドリ，それ以後はトウモロコシ（品種「ロングフエロー」）を用いた。

圃場調査 トウモロコシ「ロングフエロー」種の圃場について，時期別に被害茎の分解調査を行い，各時期における発育各態の消長を調査した。

II. 試験結果並びに考察

1. 温度と発育速度との関係

各種温度における卵，幼虫，蛹期間を調査した。温度は 25°C 及び 30°C は恒温器，その他の温度は室温で，供試各個体の経過期間中の室温の平均温度をもつて環境温度とした。湿度は飽和に近く保つた。その結果を第 1 表に示す。

第 1 表 発育に及ぼす温度の影響
Table 1 Effect of temperature on the development.

発育態	温度 (c)	供試数(1)	発育日数	発育速度(2)
卵	16.7	1	14.0	0.071
	21.0	4	6.5	0.154
	23.0	1	5.0	0.200
	25.0	17	4.1	0.244
	30.0	8	3.0	0.333
幼虫	19.0	60	47.0	0.021
	25.0	105	23.5	0.043
	30.0	75	20.2	0.049
蛹	17.6	11	17.0	0.059
	18.7	11	15.8	0.063
	25.0	90	7.2	0.139
	30.0	30	5.4	0.185

註 (1) 卵の供試数は卵塊をあらわす。
(2) 発育日数の逆数であらわす。

温度と発育速度の間の回帰方程式は第2表及び第1図の如く，これから Y=0 のときの X の値を発育下限温度として有効積算温度を求めると第3表のとおりになる。

* 病理昆虫部害虫研究室

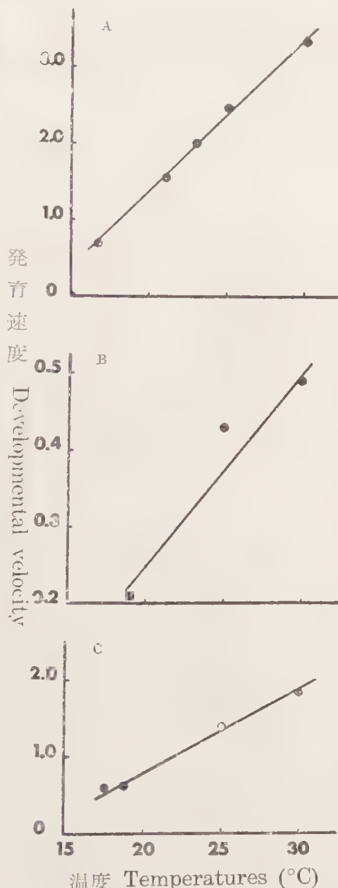
第 2 表　温度と発育速度の回帰方程式
Table 2　Linear regression formulas of developmental velocity (Y) on temperature (X).

発育態	方　程　式	備考
卵	Y=0.198+0.020 (X−23.14)	P<0.01
幼虫	Y=0.037+0.0028(X−24.7)	P<0.20
蛹	Y [illegible].112 [illegible]11 (X [illegible]22.[illegible])	P [illegible]

第 3 表　発育下限温度並びに有効積算温度
Table 3　Developmental zero point and total effective temperature.

発育態	発育下限温度 (C)	有効積算温度 (日度)
卵	13.0	50
幼虫	11.2	365
蛹	12.6	91

温度と各態との関係[illegible]は KOZHANCHIKOV (1938) CAFFREY & WORTHLEY (1927) の実験があるが，各態の発育最短日数は KOZHANCHIKOV によると卵では 30°C で 3 日，幼虫は 32.4°C で 14 日，蛹は 30〜32.5°C で 7 日であり，本試験結果と比較すると，卵の場合は一致しているが，幼虫発育速度は本試験結果より大きく，蛹では小となつている。発育下限温度は KOZHANCHIKOV によると卵は 9〜10°C，幼虫では 8°C であり，CAFFREY & WORTHLEY は卵，幼虫及び蛹に対してそれぞれ 6.9°C，2.5°C 及び 5°C としている。いずれも筆者らの実験結果[illegible]低い温度であ[illegible]筆者ら[illegible]直線の X 軸との交点であり，実際の限界温度よりも高くなつていると考えられるが，3 者ともこのように差異を生じたことは温度以外の条件が発育に対[illegible]大き[illegible]働いているからであるかもしれない。[illegible]既にBABCOCK (1924) 及[illegible] CAFFREY & WORTHLEY (1927) [illegible]度や光その他の気象条件が発育に大きく影響するので，これらに対する適当な補正がなされなければ，温度と発育との関係を決定することは[illegible]い。したがつて有効積算温度も意味がないと述べているが，APPLE (1952) は 10°C を限界温度として野外で各態出現するまでの積算温度を 6 年間[illegible]検討[illegible]非常に[illegible]一致[illegible]た。このことからみると，やはり温度が本種の発育に最も有力に働いているとみるべきであり，上述の如く実験結果が異なつたことについては更に実験を行い検討を進めたい。



第1図　発育速度と温度との関係
A 卵，B 幼虫，C 蛹
Fig. 1　Effect of temperatures on the developmental velocity of egg, larva and pupa. A: egg, B: larva, C: pupa.

2.　第 1 世代幼虫の休眠と温度との関係

(i)　室内実験　各種の温度条件で飼育して休眠率を比較したところ第 4 表の如き結果になつた。Nos. 1〜5 では環境温度が 19°C のものから 30°C にわたるが，いずれも休眠に入らず直ちに蛹化した。Nos. 6〜10 は各齢別に低温 (21°C) から高温 (25°C) に移した試験であるが，全幼虫期間の温度が 25°C で最も休眠率の低いと予期されていた No. 6 が 84% の最高の休眠率を示し，25°C に接する期間が短い試験区ほど休眠率が低くなり，第 1〜4 齢が 21°C で第 5 齢期間のみ 25°C に接した No. 10 の休眠率は 0 となつた。

このような結果は温度のみを休眠条件と考えるときには説明の出来ないことであり，温度以外のものが休眠に影響していることを示している。この要因として，本実験からは，幼虫の経過した時期をあげることが出来ると考える。即ち，休眠率が 0 である Nos. 1〜5 の試験ではすべて 7 月前半までに幼虫期を終つている。一方 Nos. 6〜10 では No. 6 が最も時期がおそく 8 月 1 日の孵化であり，同日に No. 7 は第 2 齢，No. 8 は第 3 齢，No. 9 は 7 月 30 日に第 4 齢，No. 10 は同日に第 5 齢に達するような状態であつた。そうして休眠率は発育時期の最も早い No. 10 が最低で，発育時期の遅れるにつれて高

第 4 表 卵及び幼虫の飼育条件と休眠との関係

Table 4 Effects of rearing conditions on diapause.

No.	卵	幼虫					[illegible] 月日	孵化 月日	[illegible]理 月日	蛹化最終 月日	休眠率
		1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢					
1	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	V. 14 ~VI. 17	—	—	VII. 11	0
2	25	30	30	30	30	30	V. 15 ~VI. 8	—	—	VII. 7	0
3	30	19	19	19	19	19	—	V. 24	—	VII. 18	0
4	25	19	19	19	19	19	—	V. 23	—	VII. 18	0
5	19	19	19	19	19	19	—	V. 12	—	VIII. 1	0
6	21	25	25	25	25	25	VII. 23	VIII. 1	VIII. 1	IX. 5	84.0
7	21	21	25	25	25	25	VII. 21	VII. 26	VIII. 1	IX. 5	72.3
8	21	21	21	25	25	25	—	—	VIII. 1	VIII. 29	75.0
9	21	21	21	21	25	25	—	—	VII. 30	VIII. 19	30.0
10	21	21	21	21	21	25	—	—	VII. 30	VIII. 10	0

註 1) 25°C 及び 30°C は恒温，19°C 及び 21°C は室温。
2) 21°C 及び 30°C は暗，その他の温度は自然日長。

くなり，発育時期の最もおそい No. 6 では全幼虫期間が 25°C であつても 84% という最高の休眠率を示し[illegible]7月終[illegible]第5[illegible]するように発育した幼虫は休眠することなく直ちに蛹化し[illegible]発生の遅れた幼虫は[illegible]程度に応じて休眠に入る比率が高くなると云えるようである。

(ii) **圃場調査** 先ず 7 月 28 日より 8 月 16 日の間に 4 回にわたりトウモロコシの圃場より幼虫を採集して，齢期別に飼育して休眠率をみた。その結果は第 5 表のとおりである。

第 5 表 圃場より採集した幼虫の休眠率 (%)

Table 5 Percentage of individuals entering diapause in larvae collected from corn field at various times.

採集月日 ＼ 採集時の齢期	II	III	IV	V
VII 28	30.0	26.7	21.2	0
VIII 3		70.0	33.3	11.1
VIII [illegible]			[illegible]	[illegible]
VIII [illegible]			[illegible]	[illegible]

採集時期が早いほど休眠率が低く，同一採集時期では齢期の進んでいるものほど休眠率が低く，7月28日の第5齢幼虫では休眠した個体はみられなかつた。これらの幼虫の経過した温度を比較すると，7月後半から8月終りまでの平均気温は20°Cを[illegible]7[illegible]5[illegible]8月4[illegible]23°C以上となつている。故に第5表の範囲内では採集月日[illegible]高温環境を経過している。故にこの場合の休眠率の高くなることは温度の低下のためでなく，室内飼育実験のときと同じく幼虫の発育した時期が大いに関係していて，7 月中に第 5 齢幼虫になるようなものは 100% 蛹化して休眠は起らないと考える。

第 6 表 圃場におけるアワノメイガの発育状況

Table 6 Developmental stages of the European corn borer in corn field at various times.

調査月日		総数	3 齢幼虫	4 齢幼虫	5 齢幼虫 (若)	5 齢幼虫 (老)	蛹	蛹殻
VIII	12	97	3.1	25.8	20.6	45.4	4.1	0
	16	158	0.6	11.4	30.3	48.2	9.5	0
	24	100	0	4.0	8.0	79.0	3.0	6.0
	30	70	0	1.4	4.3	80.0	1.4	12.9
IX	2	40	0	0	5.0	85.0	0	10.0
	6	[illegible]	1.7	[illegible]	3.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]

次に 8 月 12 日から 9 月 6 日の間に 6 回にわたつてトウモロコシ茎中のアワノメイガの発育状況の調査を行つた。その結果は 6 表のとおりである。

これによると蛹の最も多く見られたのは8月16日で，以後は蛹数を減少し，蛹殼数を増加している。LADUIZHENSKAYA (1935) によると化蛹最低温度は 15°C であり，8 月後半の気温は前述の如く 20°C 以上であるので 8 月後半以降蛹化率の減少するのは温度の影響ということは出来ない。前述の2実験と同じく幼虫の経過した時期が関係していると考える。なおこの年の蛹化率即ち2化率は大体 10% と見做される.

このような現象は多くの昆虫で知られていて，季節につながりのある要因に反応して起るのであろう。この要因として日長，食草の質の変化等があげられる。日長は季節によつて一定していることは云うまでもないことであり，食草の質の変化も同じ地点では大体季節によつて定まつてくる。本種の幼虫がどの要因に反応[illegible]更に実験を進めたい。

3. 越冬幼虫の発育に及ぼす温度及び湿度の影響

越冬幼虫の休眠よりの覚醒は一定期間低温に接触することが必要であり，低温接触期間が長くなるほど，加温後の羽化前期間の短縮されることが BABCOCK (1927) [illegible]，このことについて1954～1956年の冬季間に実験を試みた。即ちトウモロコシ茎中の越冬幼虫を時期別に 25°C に加温して羽化までの日数をみた。その結果は第7及び第8表のとおりである。

これによると大体において 11 月には休眠より覚醒していると見做される。また，11 月より 4 月の間の加温では，加温までの処理区別を問わず，30～38 日の間に羽化していることから，低温刺戟としては 10°C でもよいこと，及び羽化前期間は低温接触期間に拘らず大体一定であることが窺われるようである。

第 7 表　加温の時期が羽化前期間に及ぼす影響 (1954 - 1955)

Table 7　Effect of incubation (25°C.) in winter upon the days before emergence (1954～1955)

加温月日		加温までの処理区別	供試虫数	羽化率 (%)	平均羽化前期間 (日)	標準偏差
月	日					
XII	21	野外[1]	40.	15.0	32.3	15.42
	24	0°C[2]	30	40.0	36.2	12.79
II	22	野外	40	25.0	37.2	9.18
〃		0°C	30	47.0	34.1	4.92
IV	21	野外	43	68.0	32.1	6.43
〃		0°C	26	62.0	34.9	11.01
VI	16	野外	20	100.0	18.5	2.82

註 (1) 屋外網室に加温まで収容した。
(2) 0°C の定温室に加温まで収容した。

第 8 表　加温時期が羽化前期間に及ぼす影響 (1955～1956)

Table 8　Effect of incubation (25°C.) in winter upon the days before emergence.

加温月日		加温までの処理区別	供試虫数	羽化率 (%)	平均羽化前期間 (日)	標準偏差
月	日					
XI	12	0°C	50	14.0	35.9	2.68
〃		10°C[1]	50	16.[illegible]	[illegible]	[illegible]
XII	[illegible]	0°C	40	[illegible]	[illegible]	[illegible]
〃		10°C	4[illegible]	[illegible]	35.[illegible]	[illegible]
〃		野外	48	10.4	37.8	8.76
I	16	0°C	40	35.0	30.1	6.47
〃		10°C	40	17.5	32.0	22.39
II	15	10°C	30	[illegible]	[illegible]	1.15

註 (1) 10°C の定温室に加温まで収容した

越冬後の幼虫発育に対して，越冬中並びに越冬後の水分環境が大きな影響を与えることが BABCOCK (1927) をはじめ KOZHANCHIKOV (1938), LADUIZHENSKAYA (1935), MONCHADSKII (1935) 等によつて明かにされているがこのことについても次のような簡単な実験を試みた。野外のトウモロコシ茎中で越冬した幼虫を異なる湿度条件のもとで5月10日に 25°C に加温した。その結果は第9表の如く，蛹化前期間は湿度が高くなるにつれて短縮され ($P<0.01$) 前記諸氏の結果と同様な傾向を示した

第 9 表　湿度が越冬後の幼虫発育に及ぼす影響

Table 9　Effect of humidity upon the development of the overwintered larvae.

処理区別	供試虫数	蛹化率 (%)	羽化率 (%)	平均蛹化前期間 (日)	標準偏差	平均羽化前期間 (日)
高湿度区	18	88.9	55.6	12.5	1.59	20.2
標 準 区	18	66.7	66.7	16.4	21.84	24.7
低湿度区	20	70.0	60.0	19.4	5.82	26.9

越冬幼虫の休眠覚醒の低温刺戟としての温度の限界，加温時期と羽化前期間の関係，越冬幼虫に対する水分の影響等の問題は重要なものであり，

詳しく論議すべきであるが，本試験結果は死虫率も高く不満足なものであるので，一応の傾向をみるにとどめることにする．

III. 摘 要

1. 16°～30°C の温度範囲での飼育の結果，温度と発育速度（発育日数の逆数）との関係は次の如き回帰方程式であらわされる。

卵	Y＝0.198＋0.020 (X－23.14)	P＜0.01
幼虫	Y＝0.037＋0.0028 (X－24.70)	P＜0.20
蛹	Y＝[illegible]2＋0.0[illegible]11 (X－22.8)	P＜[illegible]

2. これらの回帰方程式にもとづいて発育下限温度を求めると卵 13.0°C，幼虫 11.2°C，蛹 12.6°C，となり，有効積算温度は卵 50 日度，幼虫 365 日度，蛹 91 日度となる。

3. 19°～25°C の温度範囲での飼育実験によると，7 月末に第 5 齢に達した幼虫は休眠しない。これより発育時期が遅れるにつれ休眠率が高くなる。

4. 圃場調査でも同様のことが認められた。

5. 冬季に幼虫を月別に加温して羽化前期間を比較した。11 月には休眠より覚醒していると見做され，羽化前期間は低温接触期間の長さに拘らず大体同じであつた。

6. 越冬後の幼虫の発育には湿度が影響し，湿度が高くなるにつれて，蛹化前期間は短くなつた。

引 用 文 献

1. APPLE, J.W. (1952) Corn borer development and control on canning corn in relation to temperature accumulation. J. econ. Ent., 45: 877～879.
2. ARBUTHNOT, K.D. (1944) Strains of the European corn borer in the United States. U.S.D.A. Tech. Bull., No. 869.
3. ―――― (1949) Temperature and precipitation in relation to the number of generations of European corn borer in the United States. U.S.D.A. Tech. Bull., No. 987.
4. BABCOCK, K.W. (1924) Environmental studies on the European corn borer (*Pyrausta nubilalis* HÜBN.) J. econ. Ent., 17: 120～125.
5. ―――― (1927) The European corn borer, *Pyrausta nubilalis*, HÜBN.: 1. A discussion of its dormant period. Ecology, 8: 45～59.
6. CAFFREY, D.T. & S. WORTHLEY, L.H. (1927) A progress report on the investigations of the European corn borer. U.S. D.A. Dept. Bull., No. 1476.
7. CLARK, C.A. (1934) The European corn borer and its controlling factors in the Orient. U.S.D.A. Tech. Bull., No. 455.
8*. KOZHANCHIKOV, I.V. (1938) Geographical distribution and physiological characters of *P. nubilalis* Hb. Zool. zh: 246～259.
9. KUWAYAMA, S. (1928) Some observations on the so-called European Corn Borer in Japan. Trans. IV Intern. Congr. Ent., Vol. 2:100～109.
10. 桑山覚 (1930) アハノメイガに関する研究，北海道農事試験場報告，第 25 号.
11. LADUIZHENSKAYA, L.A. (1935) The effect of temperature and humidity upon the dynamics of corn borer population and its emergence from pupae. Plant. Prot. fasc., 4: 79～86.
12. MATHES, R. (1936) Three factors affecting laboratory rearing of European corn borer. J. econ. Ent., 29: 691～697.
13*. MONCHADSKII, A.S. (1935) On the role of contact moisture after the winter dormant period (diapause) in the corn borer larvae. Plant. Prot. fasc., 3: 3[illegible]～[illegible].

(* 印は Review of Applied Entomology による)

Résumé

The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HÜBNER), has usually one generation but a few individuals emerge as a second generation in a year in Hokkaido. It is said that the proportion of the population to develop as the second generation varies with meteorological conditions, especially with temperature and moisture in winter to spring. However, there have been reported no experiments concerning the effects of these factors upon the seasonal development of this insect in Hokkaido.

Accordingly the present authors carried out some experiments in connection with this problem in 1955 at the Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Kotoni, Sapporo. The results obtained are summarized in the following short paragraphs.

1. According to the experiments with a

temperature range of 16°~30°C., the relations between the developmental velocity and the temperature are shown by the following formula:

egg	$Y=0.198+0.020$	$(X-23.14)$	$p<0.01$
larva	$Y=0.037+0.0028$	$(X-24.7)$	$p<0.20$
pupa	$Y=0.112+0.011$	$(X-22.8)$	$p<0.01$

where Y represents developmental velocity and X temperature.

2. From the above relations the zero point of theoretical developments are 13.0°C. in egg, 11.2°C. in larva and 12.6°C. in pupa, and the total effective temperatures are 50, 365 and 91 day degrees respectively in each developmental stage.

3. According to the authors' insectary experiments with a temperature range of 19°~25°C., the larvae of the first generation which reached final instar stage by the end of July did not enter diapause, and the proportion of larvae in diapause increased as the date was delayed.

This trend was almost identical in field populations.

4. The incidence of diapause appears to be closely related to the time of the year when the larvae are active.

5. The hibernating larvae were incubated (25°C.) in various times between from November to April and the days before emergence in incubator were observed. From the results of this experiments, the diapause of the hibernating larvae was ended by November and the days before emergence were almost the same in every treatment.

6. The developmental velocity of the overwintered larvae was influenced by relative humidity, and duration of the larval stage before pupation was shortened under humid condition.

寒地に於ける水稲栽培の解析的研究

I. 栽培密度，特に株間距離と株内本数との関係について

星 野 達 三* 柿 本 彰** 佐 竹 徹 夫**

STUDIES ON METHODS OF RICE-CULTURE IN THE NORTH TEMPERATE REGION

I. ON THE SPACING IN RICE-PLANTING, WITH SPACIAL REFERENCE TO THE RELATION BETWEEN THE DISTANCE OF HILLS AND PLANT NUMBERS PER HILL

By Tatsuzo HOSHINO, Akira KAKIMOTO and Tetsuo SATAKE

緒　　言

水稲の栽植密度は品種の選択，栽培法，施肥法及びその他の技術に関連して水稲の合理的な生育と収量増加を図る1つの重要な技術であることは云うまでもない。

水稲の収量は，構成要素としての穂数と1穂粒数，並びに決定要素としての稔実歩合と1粒重の4形質によつて構成されるもので，増収の技術はこの両要素を増加せさるとともに，両要素間の均衡を如何に保たしめるかにあるといえる。

従来，寒地に於いて行われた栽植密度試験は，主として収量の増減を論ずるのみで，他の環境要素の関連のもとに，上述4要素の変化を解析することなく，従つて栽植密度の意義を明確にすることは困難であつた。

本試験は株間距離と株内本数との変化に伴う生育相の変化を各要素別に解析調査し，栽植密度の意義を解明する端緒を得る目的で，1952年に行つたものである。なお1952年の稲作全期間の気温は平年値よりやや高目であつたが大差なく，水稲の生育状況も一般に普通年の様相を示し，支障なく経過した。

供試材料及び試験方法

供試品種は中生種，穂数型の「栄光」を用い，冷床苗栽培によつた。移植苗は3葉後期で且つ第1節位の分蘖した苗を厳選し，6月7日に本田に移植した。本田の反当施肥量は，硫酸アンモニア5貫，過燐酸石灰8貫，魚粕4貫，堆肥300貫である。

試験方法は次の3種に区別して行い，試験区は任意配列法によつた。また1区面積は2坪で，3回反復を行つた。

実験 I　1株苗数を一定とし，栽植距離を変えた場合：この場合は栽植距離の変化に伴う坪当個体数の増減が，生育及び収量にどのような影響を与えるかがうかがわれる。

区　別	1株苗数	栽植距離	坪当株数	坪当個体数
	本	寸　寸	株	本
A	4	9.9×9.9	36.5	146
B	4	7.0×7.0	73.0	292
C	4	4.9×4.9	146.0	584

実験 II　栽植距離を一定とし，1株苗数を変えた場合：この場合は1株苗数の変化に伴う坪当個体数の増減が，生育及び収量にどのような影響を与えるかがうかがわれる。

区別	1株苗数	栽植距離	坪当株数	坪当個体数
	本	寸　寸	株	本
D	2	7.0×7.0	73.0	146
E	4	7.0×7.0	73.0	292
F	8	7.0×7.0	73.0	584

* 作物部　** 作物部作物第1研究室

〔実験 III〕 坪当個体数を一定にし，1 株苗数及び栽植距離を相対的に変えた場合： この場合は 1 株苗数と栽植距離の相互関係を知ること

区別	1 株苗数	栽植距離	坪当株数	坪当個体数
	本	寸　寸	株	本
G	2	4.9×4.9	146.0	292
H	4	7.0×7.0	73.0	292
I	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

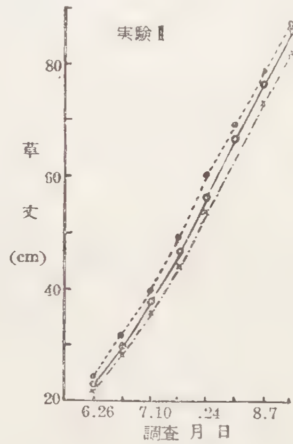
出来る。

試験結果

A. 実験 I 及び II の試験結果

1） 草丈及び茎数の推移（第 1 図，第 2 図） 草丈の推移は第 1 図に示すように C 区（4 本—4.9 寸），及び F 区（8 本—7.0 寸）の密植区は生育全期間を通じて他の区に比して常に伸長が抑制された。





●……● A 區： $\log \frac{y}{130.441-y}=0.143(t-4.645)$　　● ● D 區： $\log \frac{y}{119.263-y}=0.148(t-4.043)$

○　○ B 區： $\log \frac{y}{139.975-y}=0.129(t-5.377)$　　○　○ E 區： $\log \frac{y}{139.975-y}=0.129(t-5.377)$

×-·-·-× C 區： $\log \frac{y}{110.708-y}=0.141(t-4.387)$　　×-·-·-× F 區： $\log \frac{y}{126.384-y}=0.133(t-5.000)$

註） 計算式は ROBERTSON の自己触媒反応の公式を用いて算出したもの

第 1 図 草丈の推移（実験 I 及び II）

Fig. 1 Seasonal changes of plant height. (Experiments I and II)

茎数に於ても同様に C 及び F 区は株間及び株内の競合が烈しく現われ，生育初期より個体の分蘖発生が抑制され，最高分蘖数も少ない。

しかし個体茎数を坪当茎数に換算すれば，坪当個体数の多いこれ等の密植区は疎植区に比してその絶対数は多かつた。また最高分蘖数に達した日をもつて最高分蘖期と称すれば，密植区は疎植区に比して早期に最高分蘖期に達している。

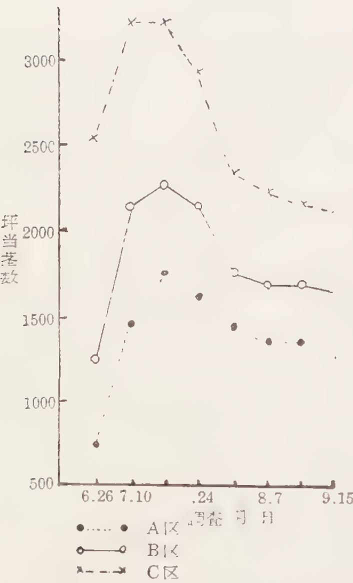
これに対して疎植の A 区（4 本—9.9 寸），及び D 区（2 本—7.0 寸）は隣接株または株内の隣接個体との干渉が少なく順調に生育し，生育全期間にわたり，草丈，茎数ともに他区を凌駕した。しかし前述のように坪当個体数の少ないことからそれぞれの密植区に較べると坪当茎数では少なくなつている。

2） 分蘖相（第 1 表，第 2 表，第 3 図） 次位別穂数及び有効化蘖子の発生節位の様相は疎密により著しく特徴を異にする。C 区及び F 区の次位別穂数の構成は，一次分蘖が大部分を占め，二次分蘖が極めて少なく，且つ三次分蘖は全く認められなかつた。またこれ等密植区の節位別構成は，冷床苗の特性として一般に認められている。第 4～第 5 節位の優勢節位及び苗代分蘖に由来する第 1 節位が他の節位に比して明らかに多く，第 2，3 及び 6 節位よりの発生数は極めて少ない。

疎植の A 及び D 区は個体の生育量は旺盛で，高次の三次分蘖をも発生している。また節位別に見てもその発生節位の巾が広く，且つ連続的であ

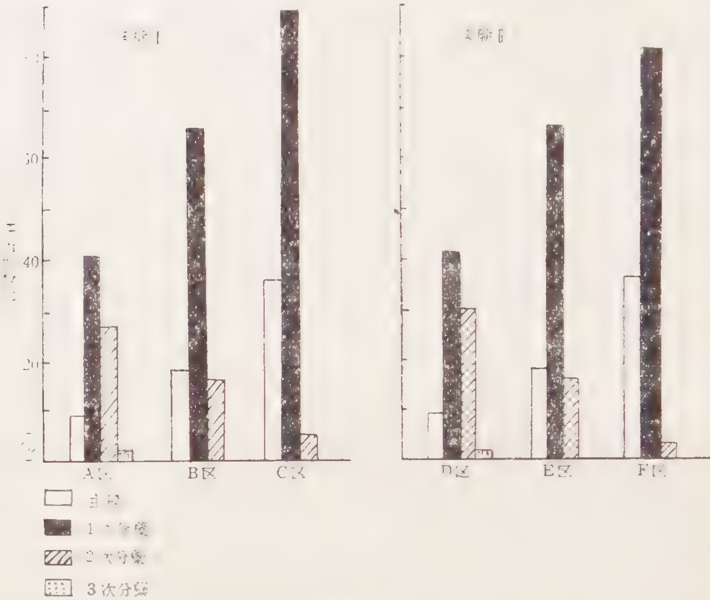
った。

また次位別の坪当穂数比は第3図に示す　密植に伴い二次分蘖の割合は減少するが，主稈及び1次分蘖の割合は顕著に増加している。



第 2 図　坪当茎数の推移（実験 I）

Fig. 2　Seasonal changes of tiller numbers per unit area. (Experiment I)



註）比率はB及びE区の総穂数に対する割合

第 3 図　次位別の坪当穂数比（実験 I 及び II）

Fig. 3　Percentage of ear numbers per unit area, classified by tillering-order. (Experiment I and II)

第 1 表　節位別の坪当穂数（実験 I）

Table 1　Number of ear in each leaf-order per unit area. (Experiment I)

区別	主稈	一次分蘖 1	2	3	4	5	6	7	二次分蘖 1	2	3	4	5	6	三次分蘖 1	2
A. 本 寸 4—9.9	146 (100)	113 (77)	78 (53)	71 (49)	139 (95)	143 (98)	85 (58)	35 (24)	149 (102)	95 (65)	65 (45)	93 (64)	40 (27)	2 (1)	17 (12)	2 (1)
B. 4—7.0	292 (100)	203 (70)	211 (72)	30 (10)	226 (77)	284 (97)	124 (42)	—	183 (63)	46 (16)	10 (3)	13 (4)	5 (2)	—	3 (1)	—
C. 4—4.9	584 (100)	422 (72)	156 (27)	23 (4)	364 (62)	468 (80)	23 (4)	—	69 (12)	—	—	—	6 (1)	—	—	—

註）（　）内数字は各区の坪当個体数に対する比率，以下同様

第 2 表　節位別の坪当穂数（実験 II）

Table 2　Number of ear in each leaf-order per unit area. (Experiment II)

区別	主稈	一次分蘖 1	2	3	4	5	6	7	二次分蘖 1	2	3	4	5	三次分蘖 1	2
D. 本 寸 2—7.0	146 (100)	130 (89)	103 (71)	70 (48)	127 (87)	143 (98)	68 (47)	27 (18)	195 (134)	122 (84)	46 (32)	70 (48)	62 (42)	8 (5)	3 (2)
E. 4—7.0	292 (100)	203 (70)	211 (72)	30 (10)	226 (77)	284 (97)	124 (42)	—	183 (63)	46 (16)	10 (3)	13 (4)	5 (2)	3 (1)	—
F. 8—7.0	584 (100)	160 (27)	189 (32)	29 (5)	293 (50)	541 (93)	109 (19)	3 (1)	29 (5)	8 (1)	3 (1)	5 (1)	5 (1)	—	—

3） 収量構成要素（第3表，第4表） 坪当穂数は前述のようにC及びF区がそれぞれの比較区に対して 20～30% の増加を示すが，A及びD区の疎植区は何れも 19～22% の減少であつた。即ち両処理とも坪当個体数の多少の程度に応じて段階的に穂数の増減が示されている。

これに反して1穂粒数は密植の両区とも疎植区に較べて減少している。

坪当総粒数は坪当穂数と平均1穂粒数の積によつて示されるが，これが他区に比して増加したC及びF区は平均1穂粒数の減少を坪当穂数の確保により補われたもので，疎植区は坪当穂数の確保が困難なために平均1穂粒数が多いに拘らず坪当総粒数では最少値を示した。

4） 収量決定要素及び収量 実験Iの、1000粒重では疎密間の差が僅かに認められるが，稔実歩合及び実験IIの 1000 粒重，稔実歩合では疎密間の差は判然とせず，且つ一定の傾向が認められない。

反当玄米重は両実験ともに密植に伴い増加の傾向を示し疎密間の差は 12～15% であつた。

第3表 収量と収量構成4要素（実験I）

Table 3 Yield and its four component characters. (Experiment I)

区別	収量		収量構成要素						収量決定要素			
	反当玄米重	同左比率	坪当穂数	同左比率	平均1穂粒数	同左比率	坪当総粒数	同左比率	稔実歩合	同左比率	粒千粒重	同左比率
本 寸	貫	%	本	%	粒	%	粒	%	%	%	g	%
A. 4—9.9	101.8	90	1,273	78	68	108	86,369	84	84.3	107	24.8	66
B. 4—7.0	113.8	100	1,630	100	63	100	103,342	100	78.7	100	25.1	100
C. 4—4.9	119.3	105	2,115	130	53	84	111,988	108	80.8	103	25.3	101

註） 比率はB区を 100 とする割合

第4表 収量と収量構成4要素（実験II）

Table 4 Yield and its four component characters. (Experiment II)

区別	収量		収量構成要素						収量決定要素			
	反当玄米重	同左比率	坪当穂数	同左比率	平均1穂粒数	同左比率	坪当総粒数	同左比率	稔実歩合	同左比率	粒千粒重	同左比率
本 寸	貫	%	本	%	粒	%	粒	%	%	%	g	%
D. 2—7.0	105.8	93	1,320	81	62	98	82,966	80	82.2	104	24.1	96
E. 4—7.0	113.8	100	1,630	100	63	100	103,342	100	78.7	100	25.1	100
F. 8—7.0	118.9	105	1,958	120	53	84	104,166	101	80.3	102	24.7	98

註） 比率はE区を 100 とする割合

5） 実験 I，II 間の比較（第4図） 実験 I 及び II の坪当個体数の増減は同一であるが，前者は栽植距離を，後者の場合は1株苗数を異にするため，両実験を直接比較することにより株間距離と株内本数の諸形質に対する影響の差異を明確にすることができる。

なお比較区の B 及び E 区は同一条件であり，両区に対する比率をもつて両実験を比較すれば第4図のようである。

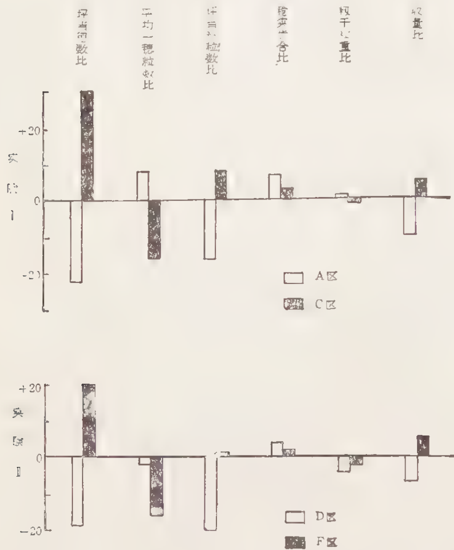
収量構成要素に於いて実験Iによる疎密の差（A区～C区）は実験IIによる差（D区～F区）に比して大きく，構成要素中坪当穂数比の差は特に著しい。

また平均1穂粒数比は両実験の密植区C及びF区の間では差はないが，実験Iの疎植区は比較区に比べて明らかに増加するのに対して，実験

II の疎植区は比較区と大差がない。

収量決定要素比及び収量比では顕著な差は認められないが，実験 I による場合が II に比してやや大きい傾向がある。

以上のように坪当個体数の増減による株間距離と株内本数の諸形質に及ぼす影響は前者の場合がより大きく，殊に構成要素の増大を図るには実験 I による密植が有利であることが判る。



註） 比率はB区及びE区に対する比率

第4図 形質及び収量に対する実験 I，II 間の比較

Fig. 4 Comparison between Experiment I and II on various characters and yield.

B） 実験 III の試験結果

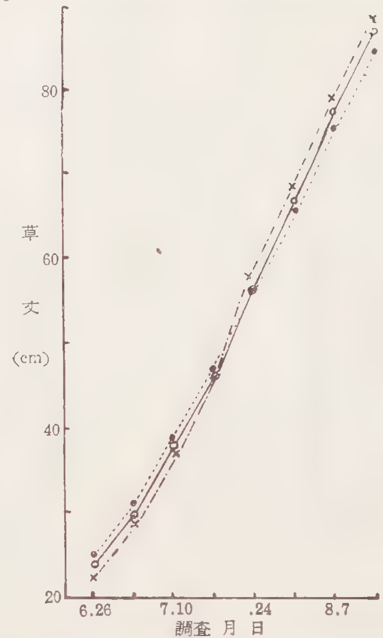
1） 草丈及び茎数の推移（第5図，第6図） 1株苗数の多いI区（8本—9.9寸）は生育初期の草丈の伸長が緩慢で他区に比して低いが節間伸長期頃より急激に回復し，出穂期には逆転して他区を凌駕した。

一般に水稲の初期生育は1株内の苗立本数に支配され易く，生育後期は隣接株の影響を受けるのが普通であり，前述の疎密間の伸長逆転はこの関係を示している。

個体当茎数は草丈と同様にI区が初期より制限を受け，最高分蘖期に至つてもなお減少を示しG区に比して 2.1 本の減少であつた。

しかし最高分蘖期を過ぎ茎数低下の時期に至ると両区の差は縮まり，I区はG区に比して 0.5 本の減少に過ぎなくなる。

一方G区は分蘖期間に隣接株の影響が少ないため分蘖力は旺盛であるが，その結果有効茎歩合は低下し，生育後期にはI区と大差が認められなくなる。



G区： $\log \frac{y}{128.74[illegible] - y} = [illegible].127(t - 4.9[illegible]6)$

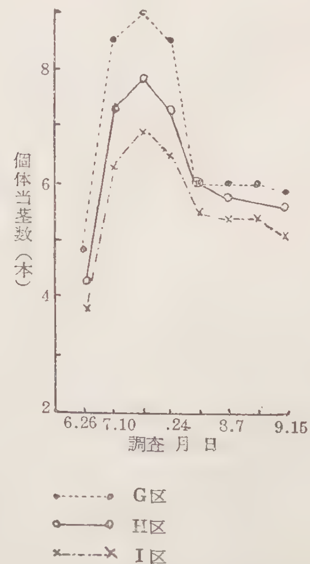
H区： $\log \frac{y}{139.[illegible] - y} = [illegible].12[illegible](t - 5.377)$

I区： $\log \frac{y}{123.894 - y} = 0.150(t - 4.467)$

註） 計算式は ROBERTSON の自己触媒反応の公式を用いて算出したもの

第5図 草丈の推移（実験 III）

Fig. 5 Seasonal changes of plants height. (Experiment III)



第6図 個体当茎数の推移（実験 III）

Fig. 6 Seasonal changes of tiller numbers per a plant. (Experiment III)

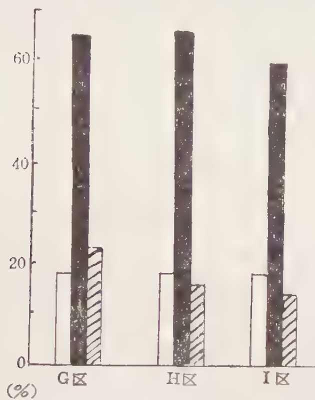
2） 分蘖相（第5表，第7図） 有効蘖子の次位別構成は各区とも一次分蘖が主体で三次分蘖の発生は極めて少ない。また一次及び二次分蘖の発生数は小株のG区に比し大株のI区がやや減少しているが，この減少は前述の茎数の推移に於いて論及したように，分蘖が初期より抑制されたためである。

また有効蘖子の発生節位では傾向は判然としないが，苗代分蘖の第1節位及び優勢節位と一般に云われている第4及び5節位の一次及び二次分蘖がG区の場合明らかに多くなつている。

第5表 節位別の坪当穂数（実験 III）

Table 5 Number of ear in each leaf-order per unit area. (Experiment III)

区別	主稈	一次分蘖 1	2	3	4	5	6	7	二次分蘖 1	2	3	4	5	三次分蘖 1
G. 本寸 2—4.9	292 (100)	231 (79)	118 (40)	72 (25)	241 (83)	272 (93)	123 (42)	—	231 (79)	51 (17)	46 (16)	20 (7)	20 (7)	—
H. 4—7.0	292 (100)	203 (70)	211 (72)	30 (10)	226 (77)	284 (97)	124 (42)		183 (63)	46 (16)	10 (3)	13 (4)	5 (2)	3 (1)
I. 8—9.9	292 (100)	213 (79)	162 (55)	87 (30)	209 (72)	232 (79)	62 (21)	5 (2)	121 (41)	63 (22)	16 (5)	15 (5)	20 (7)	—



□ 主稈　■ 一次分蘖　▨ 二次分蘖

第7図 次位別の坪当穂数（実験 III）

Fig. 7 Number of ear in each tillering-order per unit area. (Experiment III)

3） 収量構成要素（第6表） 坪当穂数は前述のようにG区が最も多く，I区は明らかに減少している。また平均1穂粒数に於ても同様にI区は他区に較べて顕著に低下した。この低下は株内の個体間競合による生育抑制が強いために1穂粒数の減少となつたのである。

坪当総粒数はG及びH区の間では大差がなく，I区が平均1穂粒数及び穂数の低下により他区よりも劣つた。

4） 収量決定要素及び収量 稔実歩合及び籾1,000粒重では僅少ながらI区の減少が認められるのみでG及びH区間には差異がなかつた。

反当玄米重はG及びH区の間では大差がなく，I区は収量構成及び決定要素の低下により減収になつた。

第6表 収量と収量構成4要素（実験 III）

Table 6 Yield and its four component characters. (Experiment III)

区別	収量 反当玄米重	同左比率	収量構成要素 坪当穂数	同左比率	平均1穂粒数	同左比率	坪当総粒数	同左比率	次位別1穂粒数比 主稈	一次	二次	収量決定要素 稔実歩合	同左比率	籾千粒重	同左比率
本寸	貫	%	本	%	粒	%	粒	%	%	%	%	%	%	g	%
G. 2-4.9	112.2	99	1,717	105	63	100	106,232	103	104	100	93	76.8	98	25.1	100
H. 4-7.0	113.8	100	1,630	100	63	100	103,342	100	100	100	100	78.7	100	25.1	100
I. 8-9.9	105.5	93	1,497	92	52	83	78,143	76	101	73	81	75.9	96	24.6	98

註） 比率はH区を100とする割合

考　　察

水稲の栽植密度に関して既に報告されている研究としては，松尾大五郎（1941），水島信一，伊藤彊（1942），近藤頼己（1944）及び高橋浩之（1944）等が挙げられ水島等を除く他の報告は稲熱病，倒伏等の障害により限界密度はあつても，或る程度の密植により増収が期待できると述べている。

これに対して水島等は冷害地帯の栽植密度としては収量決定要素の低下を防止する上から疎植が安全確収の密度であると報告し，上記報告者と異つた見解を示している。

本試験の結果に於て明らかなように，株数増加による密植は穂数の確保上有利であり，更に密植により収量決定要素が低下することなく，この点から水島等のいう疎植の条件が必ずしも北海道の場合に適合されるとはいい難い。

従つて近藤，高橋等のいう寒地は暖地よりも密植にした方がむしろ確収の条件であろうという推論に本試験の結果が一致している。

水稲の一般的な生育は，初期には株内の隣接個体の競合が強く働き，生育後期には隣接株の相互の競合が強く働くものと思われ，このことは実験 III によつて実証された。

北海道の如き生育初期の寒冷な気象条件下では一般に初期の栄養生長が抑制され易いのが普通であり，従つて生育初期に草丈及び分蘖をある程度促進せしむる条件が必要になつてくる。この点からも冷床苗栽培に於ては株内本数を極度に増加させるような栽植様式は寒冷地帯では不利な条件といい得る。

実験 I 及び II に於いても同様の結果を得ており，栽植距離を狭くして株数の増加を図る方が，株内本数を増加させる場合よりも有利であつた。しかし実際栽培上，労力その他の条件が満されない限り，或る限度以上の株数増加が困難であることはいうまでもない。

収量構成要素及び決定要素の諸形質に及ぼす疎密間の影響は株内本数の増加よりも，株数増加の場合がより強く，形質中穂数に対する影響は特に著しい。

なお水稲の生育量増加を表示する方法として野口彌吉（1949）が ROBERTSON の単分子自己触媒反応作用に関する公式が応用出来ると報告しており，本試験に於ても草丈伸長に利用したところ実測値と計算値とは大差がなく且つ区間差を明確に表示し得るのでこの公式が応用出来ると考える。

摘　　要

水稲の栽植密度の意義を明らかにする目的で，株間距離と株内本数を変えて水稲の生育及び収量を解析調査した。その結果の大要は次のようである。

1）水稲の生育上，株内の隣接個体間の競合は生育の初期に於いて強く，隣接株間の競合は生育後期に於いて顕著である。

2）坪当個体数が同一の場合には株内本数を多くして疎植にする様式よりも，株内本数を少なくして密植にする様式が，生育初期の生育抑制が少なく，穂数の確保上有利である。

3）1 株苗数の増加及び株数増加の何れの場合でも，坪当個体数の増加により収量は増加する。しかし生育及び諸形質に対する影響からは，2）の場合と同様に株数増加の様式が有利である。

参 考 文 献

1. 近藤頼巳 1944: 水稲に於ける栽植密度の増加について　農及園., 19.
2. 松尾大五郎 1941: 水稲の栽植密度　農及園., 16.
3. 水島信一・伊藤彊 1942: 水稲に於ける栽植の疎密と耐冷性との関係について　農及園., 17.
4. 野口彌吉 1949: 水稲の栄養生理に関する研究　農及園., 24.
5. 高橋浩之 1944: 草型より見たる北陸の稲作　農及園., 19.

Résumé

These studies were carried out in 1952 to obtain information on spacing in rice culture, with special reference to the growth and yield of rice plants that were grown with different distances between hills and different numbers per hill.

The results of this experiment were summarized as follows:

1) In an earlier growth stage, competition of growth occurred within a hill and in later stage it occurred between hills.

2) Owing to the rather normal growth in an earlier growth stage, when plant number was the same per unit area, increased number of hills was more favorable for obtaining many ears than increased number of plants per hill.

3) The grain yield increased in proportion to the number of plants per unit area in the case of increase either in number of hills or in number of plants per hill. In the case of those two procedures increased number of hills gave better effects than increased number of plants per hill. These better effects were shown in respect to the four yield component characters: number of ears and average number of spiklets per ear, percentage of fertility and weight of single grains.

馬鈴薯の高澱粉育種に関する研究

I. 塩水比重による実生塊茎の集団選抜について

永　田　利　男*

STUDIES ON THE BREEDING BEHAVIOR OF HIGH STARCH CONTENT POTATOES

I. ON THE MASS SELECTION OF POTATO SEEDLING TUBERS BY MEANS OF THEIR SPECIFIC GRAVITY IN SALT-WATER

By Toshio NAGATA

緒　　言

北海道に於いて生産される馬鈴薯の主なるものは澱粉加工原料となつているが，本道における馬鈴薯の澱粉含量は 14～17% が普道である。しかるに ZITZEWITZ (1951) 及び BÖRGER (1954) は 25～28% 以上のものが育種可能であるとし，また SWAMINATHAN (1953) はロシアには 32% のものもあると述べている。ところで，当場作物部作物第4研究室に於ける馬鈴薯の育種は，高澱粉の原料用種の育成に主力を注ぎ，毎年養成される多くの実生塊茎の選抜に際し極力高澱粉の個体を残すことに留意している。しかし従来主として肥大良好な塊茎とか，目の浅いもの或いは表皮の着色の少ない外貌のよいものなど外部形態を選抜の対象としていたので，その選抜効果については充分とは云えない状況であつた。

元来，実生の1年目に於ける塊茎の肥大は一般に劣り 5～10 匁のものが多いが，これは未熟のうちに収穫されてしまうためであつて，個体の遺伝的特性は充分発揮されていない。従つて従来は実生1年目に於ける強い選抜は危険であると考え，主に2年目に於いて選抜を加えるようにしてきた。しかし育種を更に進展せしめるには扱う実生の個体数を増加するとともに，実生1年目に於ける有効な選抜の方法についても再考することが必要となる。

筆者はたまたま，実生塊茎をライマン秤にて比重測定したところ，組合せによつて著しい差のあることが認められ，しかもこれは主に両親からの遺伝的影響によることが大きいことを察知したので，これら未熟な実生塊茎を比重註) によつて分類することを試みた。

本報告は昭和28年と29年の2箇年に亘り実生塊茎を実際に塩水中の比重によつて数段階の群に分類するとともに，それぞれ次年度に於いて発現される個体の比重関係を代表的な 2～3 の組合せについて調査した結果である。

なお本研究を行うに当り，種々御教示を賜わつた前作物部長吉野至徳氏（現北陸農業試験場長）及び現作物部長星野達三氏，並びに本実験に協力して戴いた山上侑，那須千一郎及び同僚の諸氏に深甚なる謝意を表する。

実　験　方　法

昭和28年及び29年にそれぞれ養成された実生1年目の材料中より代表的組合せ 52068 (昭 28)，52069 及び 53028 (昭 29) を選び，これら同一組合せ内の各個体より1粒宛収穫された塊茎を第1表の如き比重の塩水に浸漬して，それぞれ高，中，低の3段階の比重群に分類した。

翌春，各群を畦巾 2.5 尺，株間 1.3 尺の標準耕種法に準じて併列栽植し，秋に各個体毎の収穫調査を行い同一群内の関係を調査した。この場合の澱粉価はライマン秤による比重より算出した。

* 作物部作物第4研究室

註）馬鈴薯の場合，塊茎内の澱粉含有率と比重との間に密接な関係があり，ライマン秤による比重測定によつてその含有率を算出できる。本報告では REMY (1928) の算出法を用いているが，NISSEN (1955) はこれについて注目すべき研究を行つている。

第1表　供試組合せと実生時の比重による群別

Table 1　Combinations and groups of potato seedling tubers separated by specific gravity.

交配番号	組合せ	比重による実生塊茎群とその個体数					
		高比重群 (A)		中比重群 (B)		低比重群 (C)	
		比重	個体数	比重	個体数	比重	個体数
52068*	48005 ×島系232号	1.11 以上	41	1.11～1.09	42	1.09 以下	40
52069**	48005 ×島系169号	1.11 以上	28	1.11～1.10	35	1.10～1.09	25
53028**	島系268号 ×Furor	1.09 以上	29	1.09～1.08	29	1.08～1.07	33

* 1953 年の実生，　** 1954 年の実生。

実生養成の要領は4月中旬交配種子を2cm×2cm間隔温床に播種し，発芽後苗が20cm内外に伸長せる頃を見計らい，7月上旬本圃に畦巾1.5尺株間6寸に定植する。収穫は10月中，下旬に行われるが，肥大の良好る塊茎を各株より1粒宛採集して貯蔵する。上述せる塩水選はこの貯蔵前に行われる。これまでを実生個体選抜試験と云う。

翌年，これら材料は一般耕種法に準じて栽培され，各株の生育状況や耐病性，及び生産力をみて個体選抜が実施される。この2年目の試験を第2次個体選抜試験と呼んでいる。

結果並びに考察

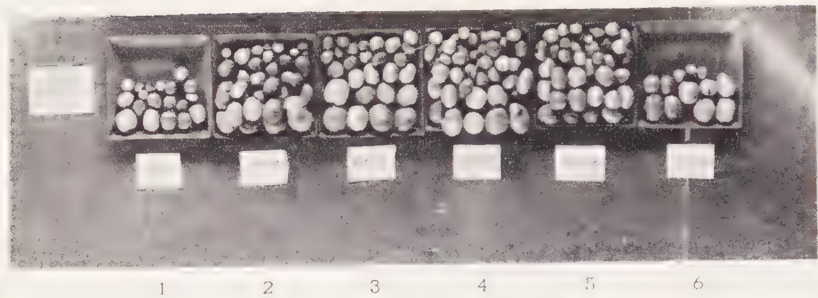
以上の結果を取纏めたものが第2表である。これでみると判るように実生時の高比重群（これをA群）のものには次年度に於いても澱粉価の高いものが比較的多く，何れの組合せの場合に於いても中比重群（B群）の平均値より低いものは殆どみられない。しかるに低比重群（C群）にあつてはこれに反し次年度に於いても澱粉価の低いものが比較的多く，且つA群の平均値より以上のものが殆ど出現していないことである。2年目に於けるA，B，C各群の平均澱粉価の間にも明らかな有意差が認められる。

故に実生1年目の如き未熟塊茎の間にも比重に差があり，且つこの個体間の差は2年目以降の比重即ち澱粉価とは密接な関係があるといいうる。またこの比重の差は塊茎の大さや皮色とは何ら関係が認められなかつたが（第1図参照），CLERG (1947)も大さと比重とは関係がないと述べている。

第2表　実生塊茎の比重群と次年度の澱粉価による分散との関係

Table 2　Relation between each specific gravity group of the 1st year seedling tubers and deviation of starch value in the second year clones.

交配番号	初年目の比重別群 ＼ 澱粉価	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均
		次年度の澱粉価による分散																		
52068	1.11 以上							1	1		3	4	12	11	5		2	3	2	19.34
	1.09～1.11							1	6	7	9	11	2	2						16.75
	1.09 以下				1		4	6	8	11	6	2	3							15.06
52069	1.11 以上							1	1	4	5	7	2	4	3	1				17.10
	1.11～1.11							2	8	6	7	5	4	1	1	1				15.91
	1.10～1.09				2	2	1	4	5	4	4	1	1	1						14.16
53028	1.09 以上				1	1	8	8	2	5	3	1								13.41
	1.09～1.08		1	2	2	3	8	6	3	4										12.10
	1.08～1.07	3	5	8	7	2	3	3	2											9.94



1　1.08 以下
2　1.08～1.09
3　1.09～1.10
4　1.10～1.11
5　1.11～1.12
6　1.12 以上

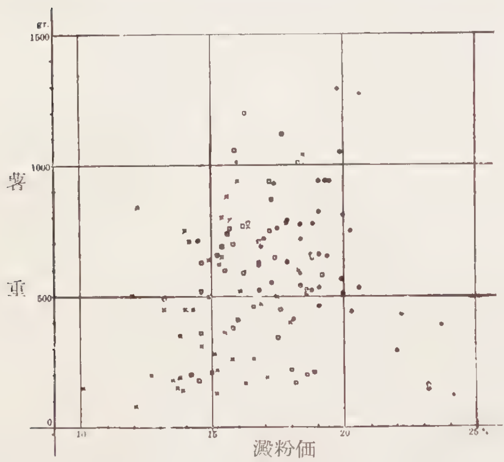
第 1 図　比重による実生塊茎の分類状況（52068）

Fig. 1　Seedling tubers separated by specific gravity (52068)

第 3 表　薯重，澱粉価及び黄変期に対する実生２年目（1 株当）と次年度（7 株当）との相関

Table 3　Correlation coefficients between some characters per plant on next year and per seven plants on 2nd year after seedling.

	薯重		澱粉価		黄変期	
	相関係数	n	相関係数	n	相関係数	n
1953	+0.321±0.032	354	+0.815±0.012	356	+0.602±0.019	758
1954	+0.488±0.043	308	+0.467±0.044	310	+0.697±0.018	796
1955	+0.615±0.013	236	+0.755±0.009	230	+0.855±0.006	236



● 高比重群(A)，□ 中比重群(B)，× 低比重群(C)

第 2 図　52068 の実生塊茎の比重群と次年度における各個体の薯収量及び澱粉価との関係

Fig. 2　Relation between groups separated by specific gravity and the next year's tubers' weight and starch value of each clone in the combination 52068.

次に比重群の次年度に於ける薯収量註）との関係をみるに第２図のようである。即ち極高澱粉の個体には多収なものはないが，A 群中には比較的多収な高澱粉の個体が多くみられる。他方 C 群中には斯様な個体は極めて少なく，収量，澱粉価ともに劣るものが比較的多い傾向がみられる。

疫病の罹病程度との関係をみるに第４表の如くであり，A 群にあつては疫病強のものが比較的多いが，C 群に於いては逆に弱い個体が多くなつている。しかし組合せによつても異なり，52068 の如きは A，B，C 群間に殆ど差がない。

この比重の軽いものには罹病個体が多い事実は実生１年目に於いて罹病性個体は早期に発病するが故に澱粉の蓄積も，不充分となり C 群に入ることが多くなることも関係していると考えられる。しかし塊茎の大さとは何ら関係ない事実に対しては遺伝的なものと推察しておくのが妥当であろう。

また興味あることは A 群に極晩生の個体が多く，C 群には比較的早，中生種のものが多い事実

註）この場合の収量は１株調査であるがこれの収量調査株を増加せしめた場合に比べると若干の相違がある。しかし今までこれらの関係について３箇年間実生２年目（1 株当）とその翌年（7 株当）との間の薯収量の相関を調べたところによると第３表の如くであり，１株当調査成績をほぼ信頼してよいことになる。なお澱粉価や黄変期についても同様であるが，むしろ前者よりも信頼度が高い。

第4表　比重群と疫病抵抗性との関係

Table 4　Relation between specific gravity group and resistance to late blight.

交配番号 ＼ 抵抗性反応 ＼ 群	高比重群 (A)			中比重群 (B)			低比重群 (C)		
	R	*m*	S	R	*m*	S	R	*m*	S
52068	11	12	21	[illegible]	7	32	12	11	21
52069	16	0	14	11	11	16	4	7	17
53026	23	0	7	11	[illegible]	19	1	0	43
合　計	50	12	42	28	18	67	17	18	81

R: 抵抗性，*m*: 抵抗性中位，S: 罹病性

第5表　比重群と成熟期との関係

Table 5　Relation between specific gravity group and maturity in the next year clones.

交配番号 ＼ 成熟期 ＼ 群	高比重群 (A)		中比重群 (B)		低比重群 (C)	
	E	L	E	L	E	L
52068	2	42	0	44	2	42
52069	8	22	10	28	15	13
53026	12	18	22	8	42	2
合　計	22	82	32	80	59	57

E: 中晩生種より早いもの，L: 晩生種より晩いもの

である（第5表）。この疫病罹病程度と成熟期との間には何等かの関係がある如くである。

以上のことから実生1年目に行われる塩水比重選の結果，A群を優先的に残しC群を主として棄却対照にすることが，澱粉価の高いものの選抜に有効なばかりでなく，或る程度疫病抵抗性の選抜に対しても効果があり，高澱粉育種の実生選抜法としては妥当なものであることがわかつた。然し早生の個体が比較的棄却され易い点は充分留意すべきであろう。

なお実生の初期に比重によつて集団的に選抜を加える方法についての報告は未だみられない。ただNYLUND等 (1953) が料理用としての材料選抜に比重選を応用している。

このように以上の方法によつて実生育成の初期に高澱粉個体を選抜することが可能となり，今後の高澱粉育種に大きな効果をもたらすものと考える。

摘　　要

昭和28年と同29年の2箇年に亘り実生塊茎を高，中，低の3つの比重群に分け，これらの次年度における生育，収量調査を行つた結果，次のことが判つた。

1.　実生塊茎の比重と次年度に於ける澱粉価との間には密接な関係がみられ，A群中には高澱粉のものが多く，C群に於いてはこれに反し低澱粉の個体が多く認められた。

2.　A群中のものには疫病に強く，且つ又，晩生の個体が比較的多い傾向があり，C群に於いては逆に疫病に弱く収量の少ない早生或いは早期に枯死するものが比較的多かつた。

3.　高澱粉を対象とせる育種に際しては実生塊茎を比重によつて集団的に分類し，疫病に弱く低比重の劣悪個体を棄却することが有効な選抜手段であるといえる。但しこの場合，早生の個体が除去され易い点に特に留意すべきである。

文　　献

1) AKELEY, R. V. and F. J. STEVENSON, 1943: Yield, specific gravity and starch content of tubers in a potato breeding program. Amer. Potato J. 20: 203～217.

2) —— 1944: The inheritance of dry matter content in potatoes. Amer. Potato J. 21: 83～88.

3) BRAUTLECHT, C. A. and A. S. GETCHELL, 1951: The chemical composition of white potatoes. Amer. Potato. J. 28: 531～550.

4) BÖRGER, H., D. KÖHLER, u. R. v. SENGBUSCH, 1954: Untersuchungen über die Züchtung von Kartoffeln mit hohem Stärkeertrag. Züchter 24: 273～276.

5) HEINZE, P. H. and C. C. CRAFT, 1952: Variations in specific gravity of potatoes. Amer. Potato J. 29: 31～37.

6) LECLERG, E.L., 1947: Association of specific gravity with dry-matter content and weight of Irish potato tubers. Amer. Potato J. 24:6～9.

7) NISSEN, M., 1955: The weight of potatoes in water. Amer. Potato. J. 23: 332～339.

8) NYLUND, R. E. and A. J. POIVAN, 1953: The influence of varieties and date of planting on

the relative cooking quality of potatoes graded according to specific gravity. Amer. Potato J. 30: 107~118.

9) 永田利男, 1956: 馬鈴薯の話.

10) Remy, Th., 1928: Handbuch des Kartoffelbaues. Berlin.

11) Swaminathan, M. S. and H. W. Howard, 1953: The cytology and genetics of the potato (*Solanum tuberosum*) and related Species. Bibliograph. Genet. 16: No. 1~2.

12) 田口啓作, 1955: 馬鈴薯種間交雑育種に関する研究. 東北農試研究報告, 第 4 号: 1~26.

13) Thijn, G. A., 1954: The raising of first year potato seedlings in glasshouse. Euphytica. 140~146.

14) Zitzewiz, A. v., 1951: Die Steigerung des Stärkegehaltes durch Zuchtung. Kartoffelbau, 2: 217~218.

Résumé

The relation of the specific gravity of potato seedling tubers to their starch content or production in the following year was investigated in some cross-combinations in 1953 and 1954.

High positive correlation has been found between the specific gravity of seedling tubers and their starch content. Almost all of the plants in high specific gravity group (A) generally showed high starch content and those in low specific gravity group (C) mostly low starch content in the following year.

In group (A), there has been a larger number of plants which were resistant to late blight and of late maturity than in group (C). Accordingly it may be concluded that in breeding potatoes for high starch content, selection of seedlings by means of specific gravity is very effective.

甜菜の採種抽薹草姿について

加 藤 勝 信* 大 久 保 甲 子*

STUDIES ON THE VARIOUS TYPES OF BOLTING OCCURING IN MOTHER BEETS

By Katsunobu KATO and Koji OHKUBO

2年生作物に於ける採種抽薹草姿に関する調査は，古くは牛蒡,[5] 最近に於ては葉菜類や根菜類[2],[3],[4] に属する蔬菜でみられ，抽薹草姿が採種量，並びに翌年の生産形質に及ぼす影響，及び品種間差異等について，いろいろ調査報告されている。甜菜についての調査は当年抽薹根について，その形態的な差より類別して調査されたもの[1] の外，これに類する成績はないようである。

甜菜の2年目採種圃場には，種々の草姿がみられるが，特に外観上明瞭な2型がある。即ち一つは1本の太い種茎を中心に普通の樹形を生ずるもので，他は主茎がなく根元から種茎が簇生する抽薹草姿である。筆者等は 1950～1955 年に亘り，甜菜の抽薹型を上述の型を含めた凡そ6つの型に分類し，それらの型のものから生産された種子の次年度に於ける収量，糖分等に及ぼす影響，品種間の発生差異及び栽培環境による発生変異等について調査を試みた。その結果を報告する。

第1表 分類された採種抽薹草姿

Table 1 Classification of bolting types on mother beet.

型 別	抽 薹 草 姿
A 型	1本の太い種茎を中心に普通の樹形をつくる
B 型	主茎がなく，根元から種茎が簇生する
C 型	開花，成熟が前記両型より遅延する
D 型	帯化茎
E 型	開花，成熟は正常であるが，その抽薹外観が箒状を呈して，叢生する
F 型	開花，成熟が極めて遅延し，且つ粒着も粗で，外形は半ば栄養生長の観を呈する



第1図 分類された採種抽薹草姿

Fig. 1 Classification of bolting types on mother beet.

調 査 方 法

調査は 1950 年に，供用材料の蒐集とともに開始されたが，草姿別生産力の検定は 1951 年及び 1952 年の両年琴似作場に於いて，品種対抽薹型発生頻度は 1952 年に本場並びに附近の隔離採種圃場で，またその他の調査は 1955 年まで引続きなされた。供用品種は「本育 162 号」ほか延べ5品種で草姿別の生産力検定は，1区面積 4.05 m^2, 4区毎の標準区法によつて栽培された。収穫されたものは，全個体ボーリングを行い，ブリックスの検鏡及び重量について秤量，比較した。但し，1951 年のD, E, F の各型は調査個体数が僅少のため，単なる養成に終つた。その他の養成並びに採種はすべて本場標準耕種法によつて行つた。本調査で抽薹の外観から類別された草姿は第1表の如くで便宜上，これら各型に対してそれぞれ A, B···F 型と仮称した。

調 査 結 果

1. 抽薹草姿別生育並びに採種量

「本育 162 号」,「本育 398 号系1」及び「本育

* 作物部特用作物第1研究室

第2表 抽薹草姿別生育並びに採種量

Table 2 Some growth date and seed reproduction of each bolting types.

品種名	抽薹始（月，日）				開花始（月，日）				花粉異常（%）				採種量（g）			
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	F
本育 162 号	6.8	6.10	6.16	6.22	7.7	7.8	7.16	7.23	1.0	1.7	1.4	7.1	61	47	39	5
本育 398 号系 1	6.10	6.11	6.16	6.22	7.7	7.7	7.15	7.18	1.7	1.7	1.0	3.0	66	52	26	5
本育 401 号	6.9	6.10	6.18	6.29	7.6	7.8	7.18	7.24	1.4	1.6	1.6	2.1	60	41	38	9
平均	6.9	6.10	6.17	6.24	7.7	7.8	7.16	7.22	1.4	1.7	1.3	4.1	62	47	34	6

401号」を用いて行つた抽薹草姿別生育，採種量についての成績は第2表のとおりである。これは集団採種圃場に於いて定植した後，調査を行い，生育末期の抽薹相により4型について型別に纏めたものである。

第2表によると，抽薹，開花ともにA型が最も早く，B型僅かに遅れ，F型はこれら両型よりおよそ半月位の遅延を示している。またF型は花粉の異常（不染花粉）歩合が多い傾向がみられた。採種量もA型，B型と順次し，F型はA型の10分の1程度に過ぎなかつた

2. 抽薹草姿と次年度収量 含糖量との関係

第1表の抽薹分類方式によつて型別に採種され

第3表 抽薹草姿と次年度収量，含糖量との関係

Table 3 Effects of bolting types on yield and sugar percentage of the following generation.

「本育 162 号」

型別	調査年次	調査個体数	平均 根頸重 (g)	平均 ブリックス (%)	変異係数 根頸重 (%)	変異係数 ブリックス (%)
A 型	1951	123	577	17.43	47.6	7.0
B 型	1951	130	499	18.14	43.5	6.4
C 型	1951	[illegible]	470	17.72	41.2	6.4
標準	1951	83	596	17.56	31.0	7.8

「本育 390 号」

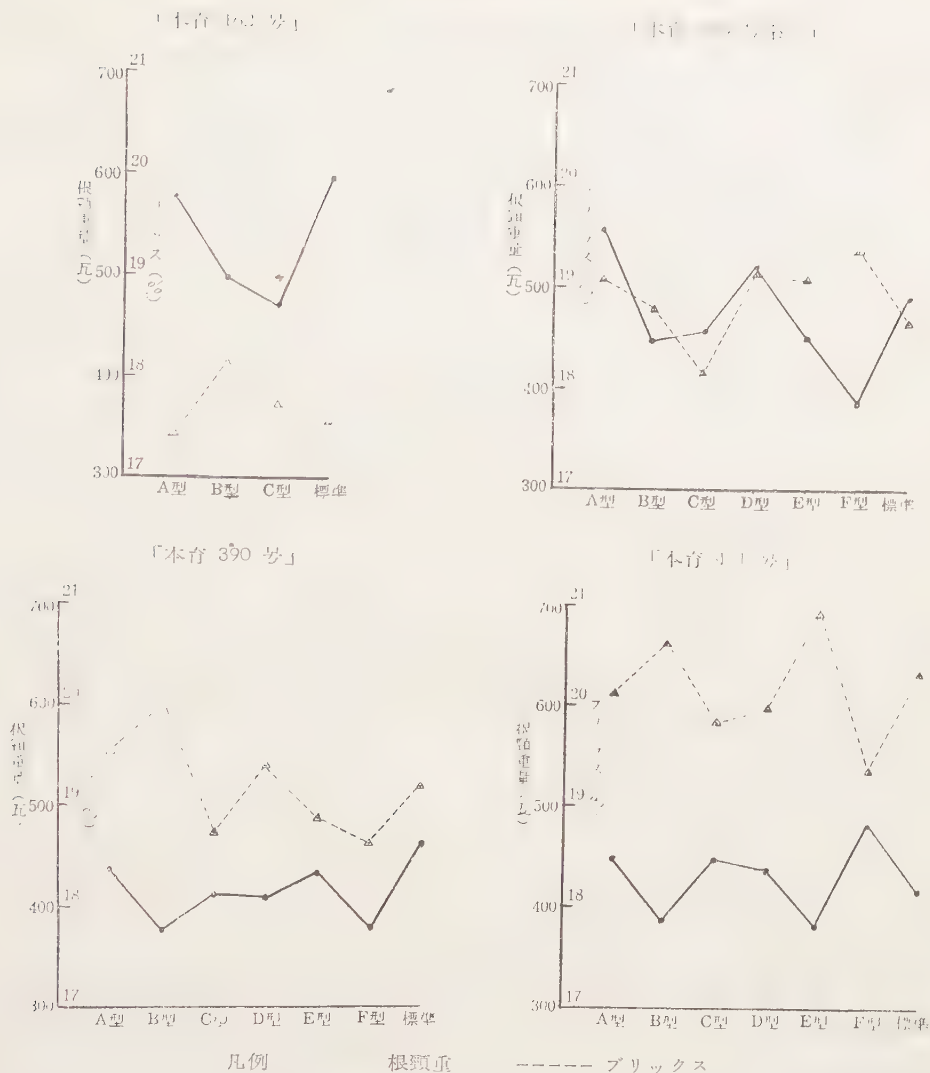
型別	調査年次	調査個体数	平均 根頸重 (g)	平均 ブリックス (%)	変異係数 根頸重 (%)	変異係数 ブリックス (%)
A 型	1952	156	437	19.52	54.7	[illegible]
B 型	1952	159	376	20.00	58.0	4.9
C 型	1952	157	412	18.73	55.1	5.4
D 型	1952	148	408	19.39	60.8	5.2
E 型	1952	104	434	18.86	62.0	5.5
F 型	1952	164	378	18.62	62.0	6.2
標準	1952	292	462	19.18	53.5	6.0

「本育 398 号系 1」

型別	調査年次	調査個体数	平均 根頸重 (g)	平均 ブリックス (%)	変異係数 根頸重 (%)	変異係数 ブリックス (%)
A 型	1951	86	646	18.82	39.8	7.6
	1952	157	467	19.36	50.0	5.7
	平均	243	557	19.09	44.9	6.7
B 型	1951	109	489	[illegible]	40.7	5.4
	1952	164	406	19.52	58.8	4.4
	平均	273	448	18.80	49.8	4.9
C 型	1951	101	489	17.44	42.1	6.4
	1952	[illegible]	423	[illegible]	62.2	6.1
	平均	[illegible]	[illegible]	[illegible]	52.2	[illegible]
D 型	1952	160	521	19.15	53.6	5.5
E 型	1952	[illegible]	454	[illegible]	[illegible]	5.2
F 型	1952	131	387	19.40	59.0	5.3
標準	1951	89	556	18.23	43.9	6.6
	1952	295	430	19.15	55.1	5.5
	平均	384	493	18.69	49.5	6.1

「本育 401 号」

型別	調査年次	調査個体数	平均 根頸重 (g)	平均 ブリックス (%)	変異係数 根頸重 (%)	変異係数 ブリックス (%)
A 型	1951	87	443	20.26	47.0	5.1
	1952	[illegible]	454	19.93	54.3	5.1
	平均	245	449	20.10	50.7	5.1
B 型	1951	126	355	20.53	47.5	4.3
	1952	167	414	20.69	52.1	4.6
	平均	293	385	20.61	49.8	4.5
C 型	1951	95	466	19.95	44.5	5.5
	1952	153	428	19.70	52.8	5.5
	平均	248	447	19.83	48.7	5.5
D 型	1952	163	437	19.99	53.2	5.4
E 型	1952	157	382	20.91	58.6	5.3
F 型	1952	167	483	19.36	50.3	5.4
標準	1951	107	390	20.51	43.4	4.7
	1952	296	448	20.14	55.0	5.8
	平均	403	419	20.33	49.2	5.3



第2図　抽薹草姿と次年度収量，含糖量との関係

Fig. 2　Effects of bolting types on yield and sugar percentage of the following generation.

たものを各型について1951年は4系統，1952年は5系統を供用して調査を行つた。その成績を示せば第3表及び第2図のとおりである。第3表及び第2図によると，2箇年を通じ4品種ともにA型は根頸重量が最も多く，B型は少ない。含糖量は1951年の「本育398号系1」の異例を除いては，前記根頸重量と全く反対にA型は低く，B型が高い傾向が認められた。これよりみれば，多収性品種「本育162号」，「本育390号」，「本育398号系1」，高糖性品種「本育401号」のいずれも，その抽薹草姿のA型，即ち単一種茎は多収，低糖性を示し，B型，即ち複種茎が高糖，低収性を示すことは興味深いことである。

C型はA型でみられるほど明らかな傾向ではないが，やや根頸重が大である。然し，含糖量は明らかに低かつた。D, E及びF型は1年だけであつて特定の傾向は認められないが，D型を除いてはやや低収性の型と認められる。なお，変異係数は，ブリックスの場合，各品種ともB型が少い傾向が認められた。

3.　品種対各抽薹草姿の発生頻度

前述の調査から品種間に於いて各型の発生頻度に差があるように予想されたので，1952年この点について調査を試みた。

その成績を示すと第4表のとおりである。これらの品種はその主要特性から多収群，高糖群に大

第4表 品種対各抽薹草姿の発生頻度

Table 4 Frequency of various bolting types on each varieties.

品種名	調査個体数	A	B	C	D	E	F	主要特性 収量	主要特性 糖分	A+Bを100とする A(%)	A+Bを100とする B(%)
ハーノシュァーマンゴールド	205	86.0	7.0	4.7		0	2.3	極多収	極低	92.5	7.5
本育 401 号	498	23.5	72.5	3.0	0.2	0.4	0.4	少	高	24.5	75.5
本育 390 号	358	40.8	55.3	2.0	1.1	0	0.8	稍多	稍高	42.4	57.6
本育 398 号系 1	257	61.9	30.4	3.9	……	0.4	2.3	〃	〃	67.1	32.9
本育 162 号	57	61.4	38.6	0		0	0	多	低	61.4	38.6
本育 401 号選	25	0	92.0	0		0	8.0	少	極高	0	100.0

別されるが，第4表によれば，各品種の抽薹草姿は，その大部分がA型，或いはB型に属し，C, D, E, Fの各型の発生頻度は極めて少ない。この調査に用いた品種の範囲内では，多収性の品種からはA型の発生が多く，高糖性の品種からはB型の発生が多い傾向が窺われた。C, D, E, Fの各型については特定の傾向は認められない。また糖分，収量等の形質についての選抜は，A, Bの各型の発生頻度を変更させる傾向がある。これは表の下段に示された「本育401号選」，即ち「本育401号」から更に高糖性の個体のみを選抜して採種した場合は，その殆ど全部がB型の発生をみていること，及び個体については別に行つた調査の重量，糖分を数段階に分けてみた場合，大きい母根，低い糖分のものからはA型の発生が多くみられること等からも窺われた。

4. 各抽薹草姿の後代検定

「本育162号」，「本育398号系1」及び「本育401号」の3集団採種圃場から，1950年度各型別に採種し，翌年養成，次いで類似型同志の株間交配を行い採種したもの（3年と仮称）及び1952年度は集団採種圃場に於いて同様株間交配により採種し（1年と仮称）それぞれ養成して重量及び含糖量についての後代検定を行つた。この結果は母根の貯蔵中の腐敗によつて調査個体数は少なかつたがその結果は第5表の如くである。

第5表によると各抽薹草姿のうち，A, B両型についてはただ「本育162号」の3年目糖分の場合の異例はあつたが前述の調査と同様，A型の多収，低糖，B型の高糖，少収の傾向は明らかに認められた。これらの母根は栽植後大部分が枯死したため，その抽薹型についての調査をなし得なかつた。

第5表 品種別各抽薹草姿の後代検定

Table 5 Progeny test of the bolting types on each varieties.

品種名			平均 根頸重 (g)	平均 ブリックス (%)
本育 162 号	A	1年	561	16.96
〃	B	〃	455	18.35
〃	D	〃	567	17.20
〃	A	3年	560	18.10
〃	B	〃	536	15.14
〃	D	〃	676	16.60
本育 398 号系 1	A	1年	499	17.76
〃	B	〃	395	18.30
〃	D	〃	400	19.00
〃	F	〃	457	17.71
〃	A	3年	673	18.18
〃	D	〃	300	18.00
本育 401 号	A	1年	496	18.33
〃	B	〃	400	19.46
〃	C	〃	300	21.67
〃	D	〃	550	20.00
〃	A	3年	585	16.95
〃	B	〃	308	18.92

5. 抽薹草姿の各種環境条件による変異

ある作物では母根の肥培管理的な差異が抽薹草姿に関係すると考えられている。それで母根の生育上予想される数要因について人為的に極端な操作をなして調査を行つてみた。その結果は次の如くである。

（1） 母根の水分含量と発生抽薹草姿 供用材料は「本育398号系1」で母根の重量400～600g，ブリックス16～18%のものを用いた。母根は3

日置きに 15 個体宛掘出して重量を秤量し，番号を記して，ガラス室に並べ，水分の減量によって元の母根からの減量歩合をおよそ 0，10，20，30，40 及び 50%（水分についての減量は 0，16，33，43，55，65%）の間隔に区分けして栽植し，発生抽薹型の調査を行った。その成績を示すと第6表の如くである。

第6表 母根の乾燥程度と抽薹草姿との関係

Table 6 Effects of drying of mother beets on bolting types.

調査区別		標準区	根部[illegible]量 (%)				
			10	20	30	40	50
乾燥前の平均重量 (g)		—	353	397	412	352	319
乾燥後の 〃 (g)		—	308	293	271	198	153
同減量 (%)	根重	—	13	26	34	45	52
	水分	—	16	33	43	55	65
生存根 (%)		100.0	93.3	92.9	70.8	40.0	28.6
枯死根 (%)		—	6.7	7.1	29.2	60.0	71.4
各型別 (%)	A	60.0	60.0	28.6	4.2	—	—
	B	40.0	33.3	—	—	—	—
	C	—	—	21.4	29.2	13.3	14.3
	D	—	—	—	—	—	—
	E	—	—	—	—	—	—
	F	—	—	42.9	29.2	16.7	14.3
	栄養根	—	—	—	8.3	10.0	—
萠芽順位		1	1	2	3	4	5
開花順位		1	2	3	4	5	6
1区当総子実重 (g)		705	622	528	615	22	21
〃 植付本数 (本)		15	15	14	24	30	7
平均子実重 (g)		47	41	38	26	7	3
同標準区を100とする割合(%)		100	87	81	55	15	6

第6表によると，母根の乾燥程度が大となるに従つて抽薹及び開花は遅延するとともに，正常なる抽薹は少なくなる。即ち，減量歩合が 10% 位までは，その抽薹は殆ど正常であるが，20% 以上になると有効抽薹率が少なくなり C，F 型の遅延抽薹及び栄養根，枯死根等の発生が多い。

第7表 肥料要素の配合と抽薹草姿との関係

Table 7 Effects of fertilizer elements on the bolting types.

調査区別	各型別の発生割合 (%)							1個体当り採種量 (g)	調査個体数
	A	B	C	D	E	F	栄養根		
N.P.K	45.0	55.0	—	—	—	—	—	42	20
N.P	57.9	42.1	—	—	—	—	—	43	19
N.K	35.0	40.0	20.0	—	—	—	5.0	58	20
P.K	42.1	42.1	10.5	—	—	5.3	—	38	19
N	55.0	45.0	—	—	—	—	—	67	20
P	63.2	21.1	10.5	—	—	5.3	—	40	19
K	57.9	26.3	5.3	—	—	10.5	—	39	19
O	45.0	40.0	10.0	—	—	5.0	—	27	20

（2） 肥料要素と発生抽薹草姿　供用材料は前述の調査と同じものを用い，調査区は N.P.K., N.P, N.K, P.K, N, P, K 及び O の 8 処理区を設けた。その成績を示せば第 7 表のとおりである。

第 7 表によれば，各区とも，その殆どが A, B の正常抽薹型であるが，N を含まない区は，いずれも抽薹，開花が遅延し，C, F 型の発生が多い傾向がみられた。種子量は N を含む区に多かつた。

（3） 母根の熟度と発生抽薹草姿　供用材料は「本育 390 号」で，前年（1952 年）の 8 月 25 日，9 月 25 日，及び 10 月 25 日の各期に収穫した母根を栽植して，その発生抽薹型について調査を行つた。これによれば 8 月 25 日収穫のものは著しい遅延を示し，母根の熟度の進んでいるものほど正常抽薹（A, B 型）を示し，9 月 25 日，10 月 25 日両収穫区での B 型の発生は 10 月 25 日収穫区がやや多かつた。

これらの調査からも，母根の登熟程度，即ち含糖量と，抽薹草姿との間に一定の関係があることが認められた。

論　　議

甜菜の品種は，その収量，糖分の主要生産形質より，多収及び高糖の型に分類されているが，この調査結果から，これらの形質的分類と，その発生する採種抽薹草姿との間に，明らかな関係を有していることが認められた。即ち，甜菜の採種抽薹草姿は，母根の大さ及び含糖量とに関連する。換言すれば母根の大さ及び含糖量は採種抽薹草姿を支配する重要な要因であることが判つた。

前述のように，この調査ではその抽薹草姿の外観から 6 つの型に分けたが，2 箇年に亘る草姿別生産力検定の結果をみると，多収性，高糖性のいずれの品種を問わず，採種抽薹草姿の A 型より採種されたものは多収，低糖性，B 型より採種されたものは高糖，低収性であることが認められた。また品種集団の発生型頻度調査に於いても，「本育 401 号」の高糖性品種からは B 型が多く発生し，多収性品種の「本育 162 号」「本育 398 号系 1」更に家畜ビートの「ハーフシュガーマンゴールド」等からは A 型が多く発生している。このような傾向は個体についても示された。かかる A, B 両草姿の品種或いは個体間の発生差異には生理的，或いは遺伝的なものが相互に関係しているものと考えられるがこの点については更に調査を必要とする。

なお変異係数をみると根頸重については環境による影響が多く，明らかでないが，ブリックスに於いて各品種とも B 型が少ない傾向をみた。これは甜菜の場合，糖分に関してただ 1 回の母系選抜的な操作によつて，かなり揃え得ることを示している。

C 型の遅延抽薹は各品種とも，やや多収の傾向を示しているが，この型の糖分は低かつた。その他の型は頻度数も極めて少なく，且つ 1 年のみの成績であつて，特定の傾向は認められない。

D 型，即ち帯化茎（Fasciation）のものはやや多収性に属するものと認められた。これは従来帯化茎は，遺伝的な場合を除き，栄養その他の生理的好条件がその発生要因として働くことが述べられているが[6]，このことは，この調査からも窺い知ることが出来よう。

なお各抽薹型の生育，採種量については，A 型は抽薹，開花が早く，B 型がやや遅れ，F 型はこれら両型よりおよそ半月位の遅延が示された。採種量も A 型，B 型と順次し，F 型は A 型の 10 分の 1 程度に過ぎなかつた。この F 型に於いて花粉の異常歩合が多い傾向がみられたがこれは日長が関係しているものと考えられる。

また，抽薹型の環境条件による変異については特に母根の乾燥，窒素の欠乏等は抽薹，開花が遅延するとともに抽薹型の変異性が大となり，C, F 型の遅延抽薹の発生が多くなる。

以上の成績から，甜菜の採種抽薹草姿は品種により比較的明らかな差があり，収量，糖分の主要特性から甜菜品種を多収，高糖群に大別している分類法は抽薹草姿の面にもあてはまることが認められた。更にこの採種抽薹草姿からの選抜により，多収或いは高糖性にもつてゆくことが可能であるように考えられた。

摘　　要

1） 育種並びに採種栽培上の資料にしようとして，甜菜の採種抽薹草姿を外観から 6 つの型に分けて調査を行つた。

2） 多収性品種並びに高糖性品種は，いずれもその抽薹草姿の A 型（単一種茎）は多収，低糖性，

B 型（複種茎）は高糖，低収性であつた。

3）品種集団としてみた場合，多収性品種からは A 型の発生が多く，高糖性品種からは B 型の発生が多かつた。

4）環境条件，特に母根の乾燥，窒素の欠乏等は，抽薹型の変異性を大きくすることが認められた。

5）以上の調査結果から，採種抽薹草姿の選抜により，多収，或いは高糖性に関する育種が可能と考えられた。

本稿を終るに当り御懇切なる御教示と御校閲を賜つた前作物部長吉野至徳氏並びに特用作物第1研究室長細川定治氏に深く感謝の意を表する。

参考文献

1) Esau, K. (1934) Bolting in Sugar Beets. A determination of its effect upon the weight and quality of the roots, based on studies in Central California. Facts about sugar., 29: 155～158.

2) 萩屋　薫 (1954) 人参の抽苔草姿と採種技術上の二，三の問題　園芸学会雑誌，22: 230～234.

3) 　　　　(1953) 葉根菜類の抽苔草姿に関する研究　農業及園芸，28: 407～408.

4) 幾竹正実 (1952) 牛蒡の播種期と抽薹生理並びに開花結実に関する調査　園芸学会雑誌，21: 93～96.

5) 補崎洋一 (1934) 牛蒡抽苔株の株型とその生産種子の実用価値　農業及園芸，9: 2009～2012.

6) 建部民雄 (1942) ダイコンの帯化茎の遺伝に就いて　植物及動物，10: 81.

Résumé

1. The authors studied the bolting forms of mother beets, classifying into 6 types (A, B, C, D, E, and F) from their appearance with a view of application to problems of breeding and of seed-cultivation.

2. Of the two varieties, yield type or sugar type, A type (main seed stalk type) of mother beet has characteristics of high yield and low sucrose and B type (branching type) has low yield and high sucrose.

3. In the populations of high yielding varieties, A type plants appeared frequently; in high sugar varieties, B type appeared similarly.

4. Environmental factors, especialy the drying of mother beets and lack of nitrogenous fertilizer caused the increase of variations in bolting forms.

5. From the results above noted, it is to say that the breeding of sugar beet having concern for sugar type or yield type is within the bounds of possibility by selection based upon observation of the bolting forms.

南瓜属の交雑に関する研究

XI. *Cucurbita maxima*×*C. pepo* の種間雑種の細胞遺伝学的研究

早瀬広司*

CUCURBITA-CROSSES

XI. CYTOGENETICAL STUDIES ON *CUCURBITA MAXIMA* ×*C. PEPO* F_1 HYBRIDS

By Hiroshi HAYASE

Cucurbita maxima と *C. pepo* との種間雑種の育成は極めて困難であつて，この細胞遺伝学的研究は今まで報告されていない。著者は，*C. maxima* を母として *C. pepo* の花粉を授粉してできた不完全種子を人工培養して種間雑種の育成に成功したので，その雑種の特性と細胞学的研究を行つた。

材料及び方法

供試材料は北海道大学農学部育種学教室及び北海道農業試験場において3代以上自殖選抜してきた *C. maxima* 及び *C. pepo* の次の品種である。

C. maxima: "Delicious", 「竹内」, 「芳香青皮」, "D-2661," "Mommoth Pumpkin."

C. pepo: "Zucchini," "Gourd," "Large Pumpkin" (Connecticut Field), "Sweet Potato," "Table Queen," "Straightneck."

交配時刻は各年とも午前8時半までに終了するようにした。人工培養基は2%の蔗糖，1%の寒天を KNOP 液でとかして小型瓶に入れたもので，30°C の恒温器内に入れて F_1 種子を発芽させた (1954年3月上旬)。発芽に成功した F_1 を3寸鉢に移植し，6月上旬圃場に定植した。

根端細胞の固定は NAWASHIN 液により，花粉母細胞は 3:1 の Acetoalcohol を使用した。切片は普通のパラフィン法により 10μ の厚さとし，染色は鉄明礬ヘマトキシリン液で行つた。

試験結果

1. 交配試験

1951年から1953年までの3箇年間に行つた *C. maxima*×*C. pepo* の交配結果を第1表に示

第1表 *C. maxima* を母として *C. pepo* の花粉を交配した時の交配成績 (1951～1953年)

Table 1 Fruit-setting and seed number in the crosses of *C. maxima*×*C. pepo* from 1951 to 1953.

♂		Delicious	竹内	芳香青皮	M.P.	D-2661	合計
自殖	交配数	125	72	70	54	70	391
	結果率	24.0%	59.7%	61.5%	46.3%	61.5%	47.1%
	1果当り種子数	259.4	211.6	226.5	369.8	226.5	247.9
	1交配当り種子数	62.2	126.4	139.1	171.2	139.1	116.6
Pumpkin	交配数	73	52	12	21	3	161
	結果率	28.8%	38.5	41.7%	4.8%	33.3%	29.8%
	1果当り種子数	50.6	38.0	8.0	131.0	0	41.5
	1交配当り種子数	14.5	14.6	3.3	6.2	0	12.4
Sweet Potato	交配数	11	1	1	4	15	32
	結果率	0 %	100.0%	0 %	0 %	0 %	3.1%
	1果当り種子数	0	12.0	0	0	0	12.0
	1交配当り種子数	0	12.0	0	0	0	0.4

* 作物部園芸作物研究室

第1表 （つづき）

♂		Delicious	竹内	芳香青皮	M. P.	D-2661	合計
Straight-neck	交配数	7	5				12
	結果率	28.6%	40.0%				33.3%
	1果当り種子数	61.0	57.0				59.0
	1交配当り種子数	17.4	22.8				19.7
Zucchini	交配数	42	22		6		70
	結果率	14.3%	22.7%		0		15.7%
	1果当り種子数	75.7	35.4		0		57.4
	1交配当り種子数	10.8	8.0		0		9.0
Table Queen	交配数	27	23	2	5		57
	結果率	11.1%	8.7%	50.0%	0 %		10.5%
	1果当り種子数	31.0	44.5	0	0		30.3
	1交配当り種子数	3.4	3.9	0	0		3.2
Gourd	交配数		2				2
	結果率		0 %				0 %
	1果当り種子数		0				0
	1交配当り種子数		0				0
Croock neck	交配数	7	3				10
	結果率	28.6%	66.7%				40.0%
	1果当り種子数	10.5	60.0				35.2
	1交配当り種子数	3.0	40.0				14.1
錦甘露	交配数		4				4
	結果率		50.0%				50.0%
	1果当り種子数		6.5				6.5
	1交配当り種子数		3.2				3.2
合計	交配数	167	112	15	36	18	348
	結果率	20.4%	30.4%	40.0%	2.8%	5.6%	21.3%
	1果当り種子数	51.5	37.8	6.7	131.0	0	43.3
	1交配当り種子数	10.5	11.5	2.7	3.6	0	9.2

した。種内交配に比べて種間交配において結果率，1果当りの種子数が少ないので，1交配当りの種子数はいづれも種内交配に比べて低くなつていた。また品種により交雑親和性に差異が認められた。

第2表 *C. maxima*×*C. pepo* の種間雑種を自殖，戻交配した時の交配成績

Table 2 Fruit-setting and seed number in the interspecific hybrids of *C. maxima* and *C. pepo*, when selfed and backed by parental species.

年次	♀	♂	交配数	結果率 (%)	種子数 1果当り	種子数 1交配当り
1954	芳香×L.P.	芳香	20	30.0	34.0	10.2
		L.P.	24	12.5	7.7	0.9
		自殖	3	0	0	0
1955	芳香×L.P.	芳香	20	55.0	50.4	28.7
		L.P.	17	23.5	38.3	9.0
1954	竹内×T.Q.	竹内	4	0	0	0
		T.Q.	4	25.0	0	0
1954	Delicious ×T.Q.	D.	3	0	0	0
		T.Q.	2	0	0	0
1954	Delicious ×L.P.	L.P.	4	0	0	0

次に育成に成功した種間雑種を自殖または親種による戻交配を行つた結果を第2表に示した。4組合せの種間雑種の内，「芳香青皮」×"Large Pumpkin" の F_1 は9個体得られ，比較的生育が順調で交配成績も良かつたのに対し，他の3組合せの F_1 は生育が貧弱であつて漸く結果した果実においても完全種子はみられなかつた。晩秋，「芳香青皮」×"Large Pumpkin" の F_1 を温室に挿木し系統を保持できたので，翌1955年にも前年と同様に交配を行つた。両年の比較では1955年の交配結果の方がいずれも良く，戻交配の比較では *C. maxima* による交配の方が *C. pepo* よりも結果及び着粒が良くなつていて，WEILING (1955) の結果と一致している。この交配成績を *C. maxima*×*C. moschata* の F_1 の戻交配成績と比較すると（早瀬，1956），Mmo[1] の F_1 は MP[2]

1) Mmo: *C. maxima*×*C. moschata* の略
2) MP: *C. maxima*×*C. pepo* の略

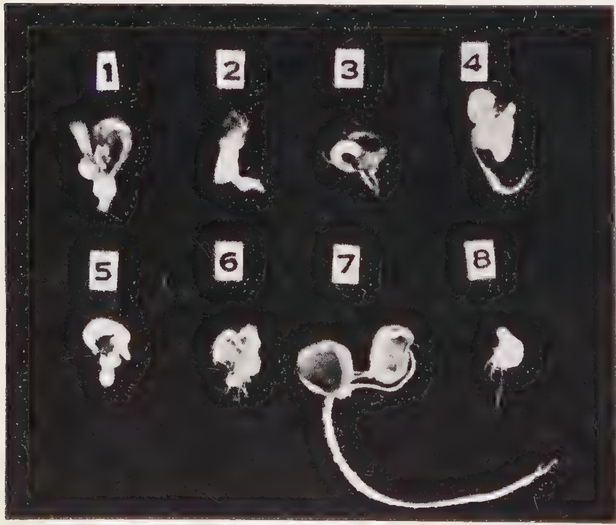
の F_1 よりも結果，着粒ともに良くなつている従つて Mmo の F_1 の方が MP の F_1 よりも胚嚢形成が順調に行なわれたためと考えられる。戻交配の比較では Mmo，MP のいずれの F_1 も *C. maxima* で戻交配した方が良い結果となつている。

2. 胚　培　養

C. maxima×*C. pepo* の交配から得られた完全種子を播いたところ，母種に類似の植物となり，種間雑種とならなかつた（早瀬，1950）。この試験においては前述の 16 組合せの MP の不完全種子を 107 粒胚培養し，9 組合せ 32 株の種間雑種を得ることができた。移植当時の F_1 は第 1 図に示したように根の発育が非常に悪く，温室内で 3 寸鉢植とし注意した管理にも拘らず，枯死したものが多かつた。結局圃場に定植できたのは 4 組合せ 12 個体で最初胚培養した種子の 11.1% に過ぎなかつた。育成に成功した MP の F_1 雑種は「芳香青皮」×“Large Pumpkin” 9 個体と “Delicious”×“Table Queen,” “Delicious”×“Large Pumpkin,”「竹内」×“Table Queen” の 3 組合せはそれぞれ 1 個体宛であつた。

3. 親種と種間雑種との特性の比較

1954 年 MP の F_1 雑種の生育はいずれも親種に比して劣つていた。1955 年春挿木で株保存した「芳香青皮」×“Large Pumpkin” と両親種の 5 月中旬播種して得た個体につき 7 月 19 日に草勢を調査し，結果を第 3 表に示した。この表によると MP の F_1 と MP を *C. maxima* で 1 回戻交配した BF_1 とはいずれも親種よりも蔓の太さ（第 5～6 節間の太さ）も細く，生育が弱つ



第 1 図　胚培養により育成した *C. maxima*×*C. pepo* の種間雑種

Fig. 1　The interspecific hybrids seedlings of *C. maxima*×*C. pepo* grown by embryo.

第 3 表　*C. maxima*（芳香青皮），*C. pepo*（Large Pumpkin）とその種間雑種，及び F_1 を *C. maxima* で戻交配した植物の生育の比較（1955 年 7 月 20 日）

Table 3　Comparison of vine length, stem number and width among *C. maxima* (Hōkōaokawa), *C. pepo* (Large Pumpkin) and their interspecific hybrids on July 20 in 1955.

種　類	蔓の長さ (cm)	節　数	茎の太さ (cm)
Large Pumpkin	282.3±17.0	19.9±1.8	1.1±0.1
芳香×L. P.	136.1±46.4	17.7±2.8	0.6±0.1
(芳×L.P.)×芳香	75.2±24.3	11.0±1.7	0.9±0.3
芳香青皮	216.8±49.2	18.0±2.0	1.3±0.1

第 4 表　*C. maxima*（芳香青皮），*C. pepo*（Large Pumpkin）とその種間雑種における花の比較

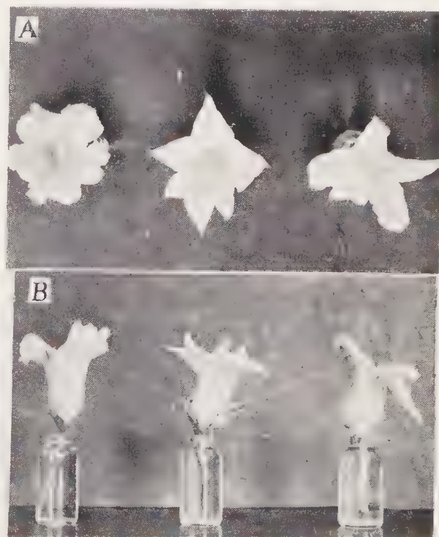
Table 4　Comparison of flower characters among *C. maxima* (Hokoaokawa), *C. pepo* (Large Pumpkin) and their interspecific hybrids.

	C. maxima（芳香青皮）	F_1	*C. pepo* (Large Pumpkin)
花弁長	71.49±0.48	66.73±2.99	75.31±4.19
花筒巾	29.58±0.40	29.81±1.71	24.18±0.96
萼筒長	16.67±0.38	14.25±0.68	10.12±0.50
萼筒巾	18.82±0.62	15.67±0.64	14.46±0.68
萼片長	22.08±1.02	27.94±1.41	12.62±0.69
萼片巾	3.01±0.16	3.93±0.27	3.11±0.15
雄蕊長	15.99±0.37	13.87±0.27	12.08±0.27
雄蕊巾	5.43±0.23	4.31±0.09	6.61±0.05
花弁の色	黄橙	中間	橙色
花弁裏の葉脈	やゝ濃	濃	淡
萼筒の形状	▽	中間（▽）	▽
毛の発達	良	最も良い	不良
葯の形状	細長い	*C. maxima* に近く細長く先端とがつている。	ずんぐり
葯片の発達	不揃いで数少ない，一般に悪い	発達するもその程度に浮動あり	揃つて発達
柱頭の色	黄色	中間	橙色
花冠の形状	漏斗状	中間	星型

第2図 *C. maxima, C. pepo* とその種間雑種における葉の比較

Fig. 2 Comparison of leaves among *C. maxima, C. pepo* and their interspecific hybrids.
Tab: "Table Queen" (*C. pepo*) D: "Delicions" (*C. maxima*)
P: "Large Pumpkin" (*C. pepo*) Tak: "Takeuchi" (*C. maxima*)
H: "Hōkō-aokawa" (*C. maxima*)

ていたことは前年の結果と同様であつた。BF_1も温室の3寸鉢に播き，発芽後移植したものであり，また MP の F_1 は挿木で株保存し移植したものであり，いずれも両親に比べて生育時期が進んでいる筈であるが，生育は劣つていた。F_1の葉の形状は第2図に示した如く，大体両親の中間である。「芳香青皮」×"Large Pumpkin" の F_1 の花を第3図と第4表に示したが，花冠と蕚筒の形状，花弁と柱頭の色が両親の中間であつて *C. moschata* に非常に類似している。第5表と第4図は果実を比較したものであるが，F_1 の果実は両親よりも著しく小さく軽くなつていた。果型の親と異なる F_1 は "Delicious"×"Large Pumpkin" の円筒形であり，他の3種の F_1 はすべて両親の中間の果型であつた。南瓜の果実の赤橙色は多くは優性であるが，"Large Pumpkin" の赤橙色は F_1 に現われなかつた。*C. maxima* の果色は黒緑色または灰緑色であり，F_1 の果色は



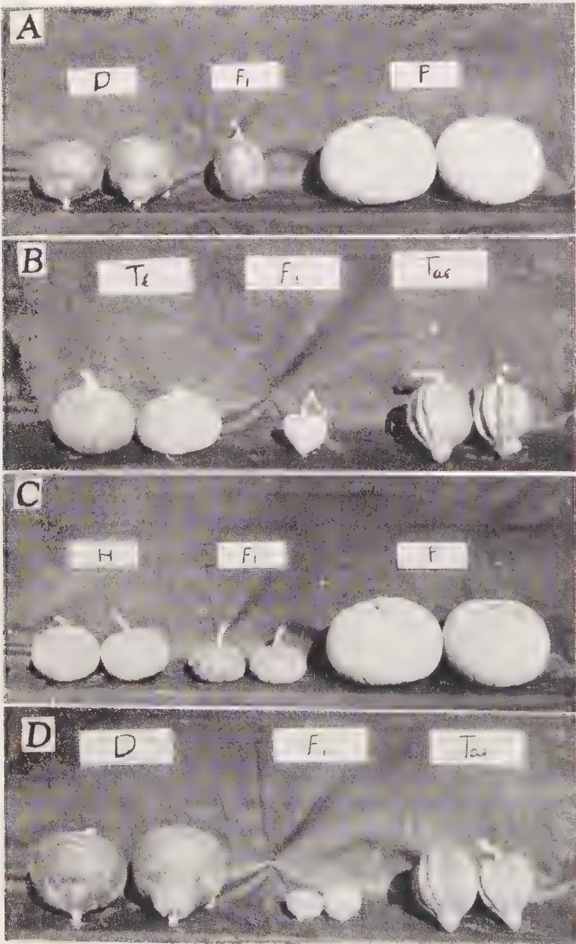
第3図 *C. maxima* (芳香青皮), *C. pepo* (Large Pumpkin) とその種間雑種における雄花の比較

Fig. 3 Comparison of male flowers among *C. maxima* (Hōkō-aokawa), *C. pepo* (Large Pumpkin) and their interspecific hybrids.

第 5 表　*C. maxima*, *C. pepo* とその種間雑種の果実の比較

Table 5　Comparison of fruit characters among *C. maxima*, *C. pepo* and their interspecific hybrids.

種　類	果実の平均重量 (g)	果　高 (cm)	果　径 (cm)	果型指数	果　色	肉　色	可溶性固形物示度
Large Pumpkin	7064±767	25.0±2.1	27.4±1.5	91.4	赤橙色	白　色	5.0±0.3
芳香×L. P.	781± 55	7.2±0.2	13.0±0.4	55.1	濃緑色	黄橙色	11.7±0.2
芳香青皮	1726± 92	10.9±0.2	16.9±0.3	64.5	灰緑色	黄橙色	14.0±0.4
Delicious	925±110	8.8±0.1	14.0±0.3	62.7	黒緑色	黄橙色	14.4±0.4
D×L. P.	1250	15.5	13.5	114.8	黒緑に緑色の縞	白　色	5.0
竹　内	1290±100	10.4±0.2	15.6±0.5	61.8	灰緑色	白橙色	12.3±0.5
竹内×T. Q.	150	6.0	7.9	75.9	濃緑色	白橙色	9.3
Table Queen	550± 69	13.5±2.7	10.1±1.9	133.6	黒緑色	白黄色	6.5
D×T. Q.	80	5.0	7.0	71.4	濃緑色	白橙色	7.0±1.6



第 4 図　*C. maxima*, *C. pepo* とその種間雑種における果実の比較

Fig. 4　Comparison of fruits among *C. maxima*, *C. pepo* and their interspecific hybrids.
D: "Delicious" (*C. maxima*)
P: "Large Pumpkin" (*C. maxima*)
Tak: "Takeuchi" (*C. maxima*)
Tab: "Table Queen" (*C. pepo*)
H: "Hōkō-aokawa" (*C. maxima*)

濃緑色であつた。F_1 の果肉の色は組合せによつて異なり白色，白黄色及び黄橙色とあり，その濃くなるにつれ，可溶性固形物示度が高くなり，食味も良くなつていた。特に「芳香青皮」×"Large Pumpkin" は仲々食味佳良で貯蔵性に富んでいた。種子の比較は第 5 図に示した如



第 5 図　*C. maxima* (芳香青皮), *C. pepo* (Large Pumpkin) とその雑種における種子の比較

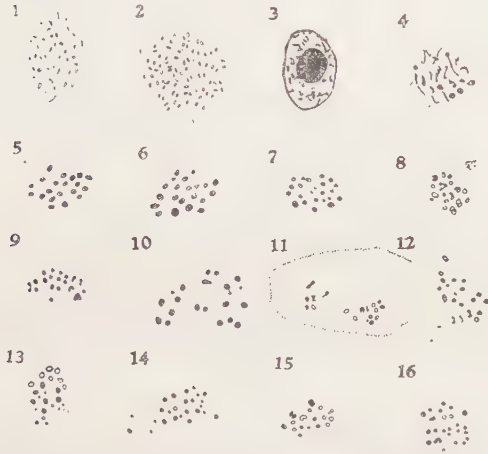
Fig. 5　Comparison of seeds among *C. maxima* (Hōkō-aokawa), *C. pepo* (Large Pumpkin) and their interspecific hybrids.
A: "Hōkō-aokawa"　B: F_1
C: "Large Pumpkin"

く芳香青皮の種子表面はざらざらした暗黄橙色であり，"Large Pumpkin" の種子は滑らかな表面の乳白色である。この F_1 の種子は黄色で滑らかな表面であり，その大さは芳香に似て小さく，珠柄痕は "Large Pumpkin" に類似して彎曲している。

4. 細胞学的観察

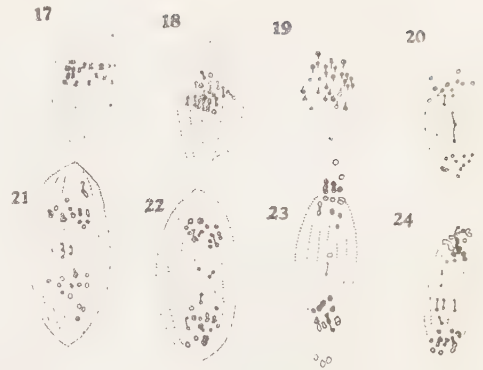
C. maxima×*C. pepo* (MP) の F_1 の細胞学的観察は主として「芳香青皮」× "Large

Pumpkin" につき行い，Mmo の細胞学的観察(早瀬，1955) と比較して記述する。これら 2 種の F_1 において共通して観察されたことは次の如くであつた。体細胞染色体では第 6 図-1 に示すように 2n=40 であり，染色体の大きさの差異も明瞭に観察されること，また原初皮層の大きな細胞の中に 4 倍性の染色体をもつた細胞が混在していたことである(第 6 図-2, 早瀬，1951; 1955)。花粉母細



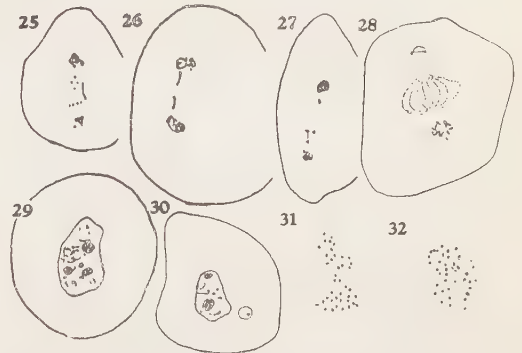
第 6 図 1～2. *C. maxima* (芳香青皮)×*C. pepo* (Large Pumpkin) の体細胞染色体
1. 2n=40. 2. 混数性 4n=80.
3～16. *C. maxima*×*C. pepo* の F_1 における花粉母細胞の第 1 分裂 3. 正常の前期の核 4. 核膜のみ早期消去した前期の異常核 5～16. 第 1 分裂中期における極面観 5. 20_{II}. 6. $19_{II}+2_{I}$. 7. $18_{II}+4_{I}$. 8. $1_{III}+18_{II}+1_{I}$. 9. $1_{IV}+18_{II}$. 10. $2_{III}+16_{II}+2_{I}$. 11. $1_{IV}+1_{III}+15_{II}+3_{I}$. 12. $1_{III}+17_{I}+3_{I}$. 13. $15_{II}+10_{I}$. 14. $15_{II}+10_{I}$. 15. $3_{IV}+1_{III}+12_{I}+1_{I}$. 16. $1_{IV}+1_{III}+11_{II}+11_{I}$).

Fig. 6 1～2. Somatic metaphosic plates in *C. maxima* (Hōkō-aokawa)×*C. pepo* (Large Pumpkin). (1. 2n=40. 2. 4n=80 mixoploidy). 3～16. First division of PMCs in *C. maxima*×*C. pepo*. 3. Normal nucleus in prophase. 4. Abnormal nucleus in prophase, with the precocious disappearance of nuclear membrane. 5～16. Polar views of first metaphase in PMCs. 5. 20_{II}. 6. $19_{II}+2_{I}$. 7. $18_{II}+4_{I}$. 8. $1_{III}+18_{II}+1_{I}$. 9. $1_{IV}+18_{II}$. 10. $2_{III}+16_{II}+2_{I}$. 11. $1_{IV}+1_{III}+15_{II}+3_{I}$. 12. $1_{III}+17_{I}+3_{I}$. 13. $15_{II}+10_{I}$. 14. $15_{II}+10_{I}$. 15. $3_{IV}+1_{III}+12_{I}+1_{I}$. 16. $1_{IV}+1_{III}+11_{II}+11_{I}$).



第 7 図 17～18. 第 1 分裂中期の側面観 17. $1_{I}+(17_{II}+2_{I})+1_{I}$. 18. $1_{IV}+1_{III}+16_{II}+1_{I}$). 19～24. 第 1 分裂後期の異常行動

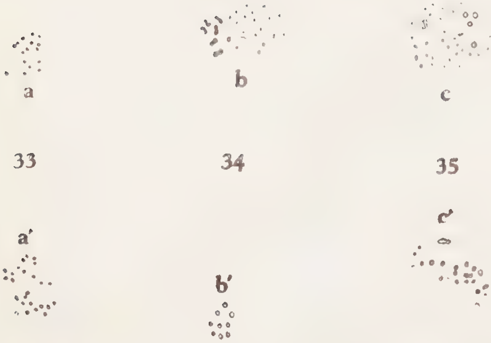
Fig. 7 17～18. Side view of first meiotic metaphase. 17. $1_{I}+(17_{II}+2_{I})+1_{I}$. 18. $1_{IV}+1_{III}+16_{II}+1_{I}$). 19～24. Abnormal first meiotic anaphase.



第 8 図 25～28. 第 1 分後終期の異常行動 29～30. 中間期 (29. 1 つの大きな復旧核 30. 異なる大きさの 2 核) 31～32. 第 2 分裂中期における 40 個の染色体

Fig. 8 25～28. Abnormal behaviour at first telophase. 29～30. Interkinesis (29. A large restitution nucleus at interkinesis. 30. Two nuclei of different size). 31～32. Forty chromosomes at second metaphase.

胞の成熟分裂においては第 1 分裂中期の染色体の接合型に相当程度の異常があること（後に Mmo と比較検討する),染色体の排列状態が不規則であること (第 6 図-10～12, 14; 第 7 図-17～18), 第 1 分裂の染色体の分配に異常行動――染色体により分裂時期が異つたり (第 7 図-18), 遅滞染色体(第 7 図-21～24; 第 8 図-25～27) が原形質中で消失したり，染色体により両極への移行速度が異つたり (第 7 図



第9図　33　35. 第2分裂中期における異常行動 33. a: 16_{I}—a′: 24_{I},　34. b: $6_{II}+1_{I}+18_{d}$ —b′: 9_{I}.　35. c: $4_{I}+30_{d}+3$仁—c′: $1_{I}+20_{I}$.

II: 第1分裂に分裂しなかつた異常2価染色体

I: 第1分裂に分裂した正常染色体

d: 第1分裂に分裂した1価染色体

Fig. 9　33～35. Abnormal behaviour at second metaphase.　33. a: 16_{I}—a′: 24_{I}.　34. b: $6_{II}+1_{I}+18_{d}$　b′: 9_{I}.　35. c: $4_{I}+30_{d}$ +3 nuceloli—c′: $1_{II}+20_{I}$.

II: Abnormal bivalent that has not divided during first meiotic division.

I: Normal chromosome that has divided during first division.

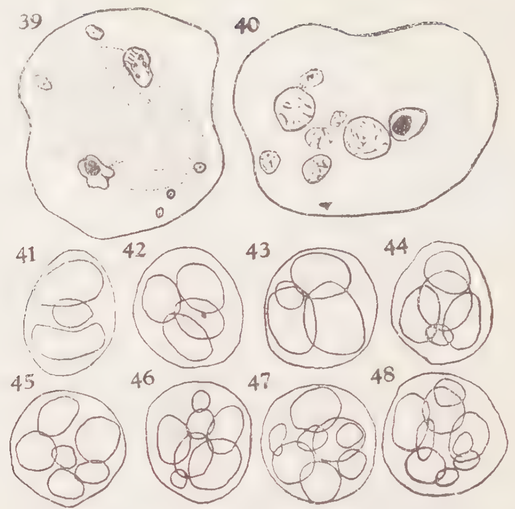
d: Univalent that has precociously divided during first division.



第10図　36～38. 第2分裂における異常行動 36d. 遅滞染色体をもつた第2分裂後期 36d′. 第2分裂中期 21_{I}.　37. 大きな同一紡錘体内にある2つの中期核板　38. 分裂時期が異なり，一方は中期であり，他方は終期

Fig. 10　36～38. Abnormal behaviour during second division.　36. Second anaphase with two laggards. —— Twenty-one chromosomes at M_{II}.　37. Two second metaphasic plates in a large spindle.　38. Different stages during second division, one metaphase and another telophase.

-21, 23) している——が認められた。第1分裂の



第11図　39～40. 第2分裂終期における異常行動 41, 43～48. 花粉4分胞子期における異常分胞子　42. 正常4分胞子

Fig. 11　39～40. Abnormal behaviour at second telophase.　41, 43～48. Irregular microcytes.　42. Normal microcyte.

異常行動の結果形成された中間期，第2分裂中期等の異常細胞がみられ(第8図-28、32; 第9図-33～35; 第10図-36～37)，第2分裂中期の染色体数の不平衡核板の細胞が多かつたり，同じ細胞内の第2分裂において分裂時期の相違があつたり(第10図-38)，第2分裂後期や花粉4分胞期において種々の異常が認められた(第11図-39～48)。またかような成熟分裂の異常行動の外に，タペート細胞の異常発育崩壊が行われて不稔花粉となつたりする。

MP の F_1 のみにみられた花粉母細胞の異常行動は前期に第6図-4 の如くまだ Chromatin が染色体にならぬうちに，核膜のみが異常に早く消失し，数個の小さな Chromocenter がみられたり(第6図-3 は対照としての正常の前期)，第1分裂に染色体橋がみられたり(第7図-20; 第8図-25)，第2分裂中期に仁の残存が認められたり(第9図-35c) した。

次に MP と Mmo との成熟分裂の比較検討を行つた。第1分裂中期の1細胞当りの接合状態の平均数は MP では $0.44_{IV}+0.60_{III}+16.00_{II}+4.44_{I}$ であり(第6表)，MP は Mmo よりも2価染色体の数が少なくなり，その代りに3価と1価染色体の数が多くなつている。正常の 20_{II} 核板率の比較では MP では僅か 8% に対し，Mmo

第6表 *C. maxima* (芳香青皮)×*C. pepo* (Large Pumpkin) の第1分裂中期における染色体の接合状態

Table 6 Chromosome complements at MI of *C. maxima* (Hōkōa-okawa)×*C. pope* (Large Pumpkin).

染色体群の数	IV	III	II	I	細胞数
25			15	10	2
24			16	8	3
	1	1	11	11	1
23		1	15	7	1
	1	2	10	10	1
22			18	4	2
	1	1	13	7	1
		1	16	5	1
21			19	2	1
		1	17	3	1
20			20		2
	1	1	15	3	1
		1	18	1	3
	2		14	4	1
19	1	1	16	1	1
	1		18		1
17	3	1	12	1	1
合計	11	15	400	111	25
1細胞当り平均	0.44	0.60	16.00	4.44	100.0

第7表 *C. maxima*×*C. pepo* (芳香青皮×Large Pumpkin) の第2分裂中期における染色体数

Table 7 Distribution of chromosomes at MII of *C. maxima*×*C. pepo* (Hōkō-aokawa×Large Pumpkin).

染色体数	頻度		%
12	1	28	56
13	2		
14	1		
15	3		
16	3		
17	5		
18	7		
19	6		
20	4	4	8
21	4	18	36
22	4		
23	3		
24			
25			
26			
27	2		
⋮			
31	1		
合計	50		100

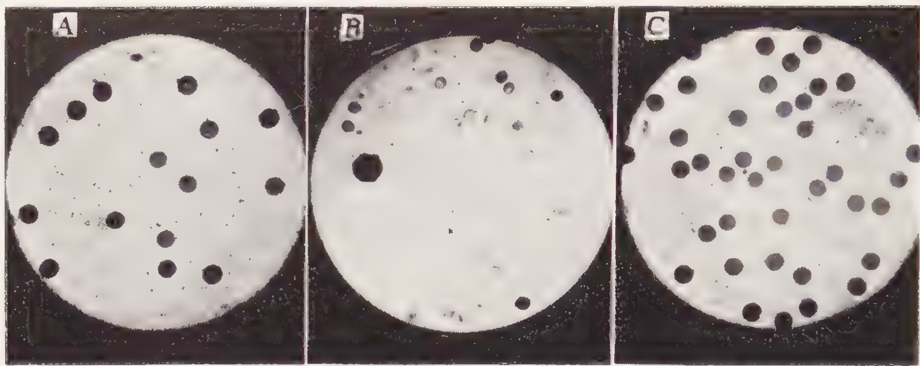
では 37.2% であつて, MP の方が著しく低くなつている。第2分裂中期の染色体数により第1分裂の異常行動を知ることができる。MP の調査結果を第7表に示したが, 染色体数の分布範囲は12から 31 で大体 Mmo と同じであるが, 染色体 20 の平衡核板率は僅か 8% であつて Mmo の F_1 の 30% に比して著しく低くなつている。しかし染色体数が 20 よりも少ない核板率と 20 よりも多い染色体数の核板との差は 20% であることは両種の F_1 において一致している。花粉4分子期の MP の調査結果は第8表であつて, 正常4分胞子率は 22% であり, Mmo の 60% に比較して著しく低く, 第9表の花粉の稔性の調査でも MP が低くなつている(第12図)。

以上の MP と Mmo の F_1 との細胞学研究の比較により3種の南瓜の間のゲノムの親和性は推定できる。即ちゲノムの親和性は *C. maxima* と *C. pepo* の間よりも *C. maxima* と *C. moschata* との間の方が高いことになる。

第8表 *C. maxima* (芳香青皮), *C. pepo* (Large Pumpkin) とその種間雑種における花粉4分子の比較

Table 8 Microcytes per sporad among *C. maxima* (Hōkō-aokawa), *C. pepo* (Large Pumpkin) and their interspecific hybrids.

4分子の数	芳香青皮	Large Pumpkin	芳香×Large Pumpkin 個体3	個体6	合計
1			4		4
2			3	3	6
3		1	1	1	2
正常 4	303	307	15	11	26
異常 4			4	7	11
5	1	5	25	19	44
6			13	4	17
7			4	2	6
8			1		1
合計	304	313	70	47	117
正常4分子の %	99.7	98.1	21.4	23.4	22.2



第 12 図 *C. maxima* (芳香青皮), *C. pepo* (Large Pumpkin) とその雑種における花粉粒の比較

Fig. 12 Comparison of pollen grains among *C. maxima* (Hōkō-aokawa), *C. pepo* (Large Pumpkin) and their interspecific hybrids.
A: "Hōkō-aokawa" B: F_1 C: "Large Pumpkin"

第 9 表 *C. maxima, C. pepo* とその種間雑種における花粉稔性

Table 9 Pollen fertility among *C. maxima, C. pepo* and their interspecific hybrids.

種 類		調査花粉粒 数	稔性花粉率 (%)
芳香青皮		231	93.9
芳香青皮×L.P.	−1	900	4.7
〃	−2	1006	3.0
〃	−3	900	4.7
〃	−4	520	2.1
Large Pumpkin		238	99.6
Delicious×Large Pumpkin		390	16.9
Delicious×Table Queen		501	11.4
Delicious		369	94.6

考 察

南瓜の種間交配したときの花粉管の伸長についての研究には志佐 (1935), 早瀬 (1950) 及び高島 (1953)がある。**C. maxima×C. pepo** の交配組合せの花粉管はいずれの品種を用いても花柱内の通導組織を通過伸長するが, 子房内に入つてから異なつていた。早瀬 (1950) の結果では子房の通導組織の末端まで伸長した組合せもみられたが, 高島 (1953) の結果ではいずれの組合せでも子房の通導組織の長さの 34〜42% 位まで伸長するに過ぎなかつた。これは交配に用いた品種の親和性が異なる上に, 南瓜の生育地の気象条件が異なるためによるのであろう。このことは実際今まで報告されている交配成績でも認められる。LOTSY (1920) は **C. maxima × C. pepo** の交配は不可能であると報告している。更にこの組合せで交配では比較的容易に着果させることができるが (8〜20% の結果率), 多くは Parthenocarpic fruit であり, また完全種子が得られても Pseudogamy で, これを播くと母種と同じ植物体となることが報告されている (HAGEDOORN, 1916, 1924; 伊藤・中井, 1929; 伊藤, 1933; 早瀬, 1951)。今までこの種間雑種の育成に成功した報告には HAGEDOORN (1916), BAILEY (1920), ERVIN and HARBER (1929), CASTETTER (1930), 志佐 (1935), LI (1935), WEILING (1955) がある。HAGEDOORN の結果では得られた大部分の種子は前述の如く Parthenocarpic seeds であつて, 真正の F_1 は僅かであつた。BAILEY は 10 年以上にわたつて多数のこの組合せの交配から僅か 1 果を得たが, 完全種子を得ることができなかつた (志佐, 1935 より)。ERVIN and HARBER 及び CASTETTER の結果は全く同じ研究に属するものである。彼等は 1218 組という多数の交配を行つて僅か 11 株の種間雑種を育成したが, この中 7 株は幼死している。志佐は 60 組の交配を行つて 7 個の果実を得ているが, 完全種子を有する 1 果から真正雑種を得ている。

LI (1935) の種間雑種は WHITAKER and BOHN (1950) が既に指摘しているように写真やデーターから MP の F_1 であるよりも Mmo の F_1 のようである。WEILING (1955) はこの交配で得られた不完全種子を胚培養により 26 株の F_1 植物を得ている。本研究においても不完全種子を胚培養して F_1 植物を得ることができた。以上の結果からこの組合せの種間雑種の育成は, その交配に親和性の高い品種を用いることと, 多数交配するこ

とにより成功することができるが，胚培養法は南瓜の種間雑種を育成するに非常に効率の高い方法である。

C. maxima × *C. pepo* の交雑親和性と *C. maxima* × *C. moschata* の交雑親和性を比較すれば，前者の方が極めて低い。その育成された種間雑種の生育の比較において MP の F_1 は弱勢で幼植物の中に枯死するものが多く，生きのこつた植物の生育も極めて貧弱である。他方 Mmo の F_1 は極めて生育が旺盛で著しい Heterosis を示して西南暖地向きの南瓜として広く栽培されている。これらいずれの F_1 も自殖によつて結果しないが，親種の戻交配により結果する。しかして MP は非常に雌花の数が少なく収量が少ないのに対し，Mmo は多数の雌花をつけて豊産となる。花粉の成熟分裂の研究では第1分裂中期における正常の 20_{II} では MP において 1.60 個に対し，Mmo では 18.6 個となつており，第2分裂中期における平衡核板の割合も MP において僅か 8% に過ぎないのに対して後者では 30% で高くなつている。花粉 4 分子期における正常 4 分子の割合は MP の方が高く，ゲノムの相同性は *C. maxima* と *C. pepo* との間の方が低く，*C. maxima* と *C. moschata* との間の方が高いということができよう。

最後に一言したいのは種間雑種利用による南瓜の育種の問題である。南瓜の栽培種のそれぞれの種は，他の種がもたない優良形質をもつている。例えば *C. maxima* は Winter Squash といわれて秋に収穫され，比較的貯蔵できる甘味の南瓜である。これに対し *C. pepo* は一般に Summer Squash といわれて夏に収穫し，*C. maxima* よりも食味は劣つている。しかし種子の皮が非常に薄い品種があり，油用の原料としてドイツで研究されている。この種子の皮の薄い因子を甘味の *C. maxima* に導入できないか。前述の如く種間雑種 MP は自殖できないが，親種により戻交配することができる。WEILING (1956) は *C. maxima* × *C. pepo* (MP) の F_1 を胚培養により育成し，これを *C. maxima* で 2 回戻交配して，更に 2 回自殖し，種皮の薄い *C. pepo* の形質をもち，その他の形質については全く *C. maxima* である系統を育成することに成功している。この研究は南瓜の種間雑種利用により他の種の有する優良形質を導入する新しい育種の可能性を示すもので，この方法により南瓜の育種は一層進むものと考えられる。

稿を終えるに当り，本研究に協力下さつた農林技官上田剛氏に深謝する。

文　　献

CASTTER, E. F. (1930): Species crosses in the genus *Cucurbita*. Amer. Jour. Bot. 17: 41～57.

HAGEDOORN, A. C. (1924): Parthenogenesis in *Cucurbita*. Zeitschr. Induk. Abst. u. Vererb. 34: 186～213.

早瀬広司 (1950): 南瓜属の交雑に関する研究 I. 種間交雑における花粉管の伸長，遺・雑.，25: 41～51.

　　　　(1951): 栽培カボチャの染色体数，倍数性細胞並びに残存仁について，遺・雑.，26: 41～51.

　　　　(1954): 南瓜属の交雑に関する研究 V. *Cucurbita maxima* × *C. moschata* の F_1 に出現した1組の半数体双児，育・雑.，4: 115～121.

　　　　(1956): 南瓜属の交雑に関する研究 VIII. *Cucurbita maxima* と *C. moschata* との相反雑種について，北・農・試・彙報，70: 15～29.

伊藤庄次郎 (1933): 南瓜属作物の結実に関する実験，園芸之研究，29: 116～143.

LI, H.W. (1935): Cyto-genetical studies of the cross between the squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Agr. Sinica 1: 151～174.

LOTSY, J. P. (1920): *Cucurbita*-strijdvragen. De soorte-quaestie—Het gedrag na kruising—Parthenogenese? II Eigen onderzoekingen. Genetica 2: 1～26.

志佐　誠 (1935): 南瓜の交雑に於ける花粉管の伸長に就いて，[illegible]，11: 99～101.

　　　　(1935): 南瓜の種及びその交雑に就いて (3)，教育農芸，4，11: 23～32.

高島四郎 (1953): 南瓜属種間の交雑による花粉管伸長歩合　第1報，遺・雑.，28: 233～237.

WHITAKE, T.W. and G.W. BOHN (1950): The taxonomy, genetics, production and uses of the cultivated species of *Cucurbita*. Econ. Bot. 4: 52～81.

WEILING, F. (1955): Über die interspezisfische Kreuzbarkeit verschiedene Kürbisarten. Der Züchter 25: 33～57.

WEILING, F. (1956): Die Übertragung des

Merkmales "Weichschaligkeit" von Ölkurbis (*Cucurbita pepo* L.) in fertile Artbastarde aus der Kreuzung *Cucurbita maxima* Duch. × *C. pepo* L. Der Züchter 26: 22～25.

Résumé

Interspecific hybrids between *Cucurbita maxima* and *C. pepo* are obtained with difficulty. Accordingly, there has been published no information of cyto-genetical studies on these hybrids so far. The author obtained these hybrids by embryo culture and made cyto-genetical studies on them.

The hybrids were very feeble and most of them died before reaching maturity. They bore very few flowers, either staminate or pistillate. Although apparently self-sterile, they set fruits when backcrossed with the parental species. Most of their characters were intermediate between their parental species.

The abnormal behaviours in the meiotic division of these hybrids were observed and summarized:

(a) The nuclear membrane often disappeared precociously during prophase.

(b) In most of the MI plates observed there were multivalents and univalents, which resulted in the formation of various configurations.

(c) The genome affinity between *C. maxima* and *C. pepo* is lower than between *C. maxima* and *C. moschata*, as shown by the facts that the chromosome pairings at MI in *C. maxima* × *C. pepo* F_1 were $0.44_{IV}+0.60_{III}+16.00_{II}+4.44_{I}$, while those in *C. moschata* × *C. maxima* F_1 are $0.40_{IV}+0.14_{III}+18.57_{II}+0.83_{I}$ (Hayase, 1956).

(d) The balanced plates at MII were only 8% being much fewer than those in *C. moschata* × *C. maxima* F_1 (30%).

(e) Laggards and bridges were frequently observed both at 1st and 2nd anaphase of telophase.

(f) As a result of such irregularities in meiosis, one to eight microcytes were observed.

(g) Different stages were found between two plates of second division in the same PMCs.

(h) The degeneration of tapatal cells played an important rôle in pollen abortions.

Considering both the cross-compatibility and homology of genomes between *C. maxima* × *C. pepo* F_1 and *C. maxima* × *C. moschata* F_1 hybrids, it may be concluded that the taxonomic relationship between *C. maxima* and *C. moschata* is closer than between *C. maxima* and *C. pepo*.

異なる3要因（品種，石灰，刈取頻度）及びその相互作用がアルファルファの収量，飼料成分に及ぼす影響について

村上　馨*　　金子幸司*
赤城望也*　　小島昌也*

EFFECT OF THREE DIFFERENT FACTORS (VARIETY, CALCIUM AND CUTTING FREQUENCY) AND INTERACTIONS AMONGST THEM ON THE YIELDS AND CHEMICAL COMPOSITION OF ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA* L.)

By Kaoru MURAKAMI, Koji KANEKO, Tamotsu SEKIJO and Syoya KOJIMA

1. 緒　　言

アルファルファは極めて飼料価値の高い牧草として，諸外国では栽培普及の著しいものがある。近年北海道においても次第にその栽培面積を増加しつつあるが，未だ栽培上多くの問題が残されている。筆者らは 1952 年から 4 箇年に亘って品種，石灰，刈取頻度の 3 要因及びこれら要因の相互作用がアルファルファの収量，飼料成分に及ぼす影響について調査し，本牧草栽培上の参考に資する目的をもつて行つた。以下その成績を要約して報告することとする。

2. 試験材料及び方法

（イ）試供品種　California Common (CA), Williamsburg (WI), Buffalo (BU), Oklahoma (OK), Ranger (RA), Atlantic (AT).

（ロ）処理　C_1（5 週間間隔），C_2（7 週間間隔），C_3（9 週間間隔），C_4（開花期）刈取りの相異なる刈取処理の外，Ca_0（無石灰），Ca_1（50貫/反），Ca_2（100 貫/反）の石灰処理区を設けた。

（ハ）試験区の配置　Split plot design

（ニ）1 区面積　7 m^2

（ホ）施肥量　反当硫酸アンモニア 15 kg，過燐酸石灰 20 kg，硫酸加里 7.5 kg.

（ヘ）刈取り　刈取りは処理別に次の日に実施した。C_1（6 月 1 日，7 月 6 日，8 月 10 日，9 月 14 日），C_2（6 月 1 日，7 月 20 日，9 月 7 日），C_3（6 月 1 日，8 月 3 日，10 月 5 日），C_4（7 月 1 日～7 月 5 日，7 月 28 日～8 月 3 日，9 月 16 日～9 月 21 日）

（ト）飼料分析　粗蛋白質は KJELDAHL 法，燐酸は AOAC 法，加里は KRAMER-TISDALL 法，石灰は AOAC 法（沈澱法）によつた

3. 試験結果

（1）生草，乾物収量

品種の処理別，年次別生草及び乾物収量を示せば第 1，第 2 表のとおりであるが，アルファルファの年次別生産性は，1954 年>'55 年>'53 年>'52 年の如く，播種 3 年目が最大であり播種当年が最小を示している。また刈取法と収量との関係については，生草収量では 1953 年は $C_4>C_1, C_3>C_3, C_2$，1954 年は $C_4>C_3>C_2>C_1$，1955 年は $C_4>C_2>C_3>C_1$，乾物収量では 1953 年は $C_4, C_3, C_2>C_1$，1954 年は $C_4>C_3>C_2>C_1$，1955 年は $C_4>C_2, C_3>C_1$，の如き関係が存在するが，播種当年からの合計収量では，生草は $C_4>C_3>C_2>C_1$，乾物は $C_4>C_3, C_2>C_1$ の如き関係にある。また 4 箇年間を綜合した品種の示す生産性は，生草では

OK,　CA,　BU,　WI,　AT,　RA,

乾物では

CA,　OK,　WI,　BU,　AT,　RA

の如き多収順位にあつて，CA, OK が多収性を示しているが，各年次において示される生産性も大

* 畜産部飼料作物第 1 研究室

第 1 表 処理別品種の生草収量 (Kg/3 プロット合計)

Table 1 Green yields of six varieties in Kg per 3 plots total under various treatments.

刈取法	品種	Ca_0 1952	Ca_0 1953	Ca_0 1954	Ca_0 1955	Ca_0 計	Ca_1 1952	Ca_1 1953	Ca_1 1954	Ca_1 1955	Ca_1 計	Ca_2 1952	Ca_2 1953	Ca_2 1954	Ca_2 1955	Ca_2 計	合計
C_1	CA	13.40	30.70	39.05	26.35	109.50	13.90	33.70	42.35	29.55	119.50	14.60	36.85	45.95	34.05	131.45	
	WI	9.80	22.75	30.90	27.25	90.70	8.90	24.50	30.20	26.65	90.25	9.90	24.75	34.20	27.50	96.35	
	BU	12.20	27.95	31.40	24.30	95.85	11.00	28.10	33.50	24.50	97.10	14.10	34.60	40.35	26.10	115.15	
	OK	13.55	30.95	33.30	27.05	104.85	15.50	40.60	39.90	28.80	124.80	12.70	34.15	40.55	31.40	118.80	
	RA	7.50	22.20	24.40	19.05	73.15	10.70	29.20	33.20	22.30	95.40	9.85	29.55	37.05	26.45	102.90	
	AT	8.90	28.95	31.70	24.35	93.90	10.30	26.75	42.40	22.50	91.95	10.70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	計	65.35	163.50	190.75	148.35	567.95	70.30	182.85	211.55	154.30	619.00	71.85	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
C_2	CA	15.68	26.00	42.55	43.50	127.73	13.40	28.70	43.75	47.30	133.15	15.15	34.95	51.65	51.95	153.70	
	WI	11.60	23.26	39.20	45.85	119.91	9.30	21.90	39.05	40.80	111.05	8.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	BU	10.80	27.20	37.65	34.75	110.40	11.40	30.70	42.25	45.70	130.05	9.40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	OK	17.55	29.60	40.40	48.10	128.65	10.05	27.25	35.85	45.80	118.95	11.55	31.35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	RA	7.55	26.35	41.40	39.15	114.45	9.85	27.60	41.85	40.05	119.83	8.15	29.75	39.65	42.60	120.15	
	AT	11.05	29.75	42.80	41.75	125.35	9.90	27.80	39.35	37.05	114.10	10.45	30.80	38.75	38.80	118.80	
	計	67.23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
C_3	CA	10.45	24.20	36.50	37.05	108.20	11.90	26.80	35.70	34.65	109.05	14.20	29.65	43.05	27.70	124.60	
	WI	11.30	31.50	48.35	45.70	136.85	11.20	30.65	47.90	44.20	133.95	8.90	32.85	49.00	46.40	137.15	
	BU	12.20	24.90	39.45	37.10	113.65	10.90	30.50	49.10	40.65	131.15	10.65	31.70	44.10	38.55	125.00	
	OK	11.80	25.45	43.50	39.65	120.40	12.30	28.95	44.00	41.05	126.30	12.60	35.10	51.00	46.05	144.75	
	RA	12.15	26.00	48.25	43.75	130.15	9.60	26.20	41.60	37.15	114.55	9.70	28.00	41.85	35.70	115.25	
	AT	9.90	27.65	46.75	39.10	123.40	12.05	33.95	45.70	36.15	127.85	12.40	30.75	43.85	37.60	124.60	
	計	[illegible]	[illegible]	[illegible]	242.35	732.65	67.95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	188.05	272.85	242.00	771.35	2,246.85
C_4	CA	[illegible]	[illegible]	53.15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	33.25	59.15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	28.25	60.65	45.60	145.45	
	WI	6.90	24.65	53.45	59.15	144.15	6.38	25.75	54.95	49.30	136.38	9.25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	141.3	
	BU	14.00	32.20	61.80	40.55	148.55	10.60	33.15	56.95	40.40	141.10	11.25	33.55	57.25	46.65	148.70	
	OK	12.15	27.70	55.65	45.45	140.95	11.70	33.10	52.00	42.25	136.05	12.60	[illegible]	[illegible]	54.15	[illegible]	
	RA	11.30	29.35	54.05	41.75	136.45	10.30	33.75	61.15	50.40	155.60	11.70	30.75	51.20	38.55	132.20	
	AT	10.05	24.20	47.55	41.45	123.25	9.65	39.45	57.25	46.80	153.15	11.05	35.70	53.65	44.25	144.65	
	計	65.45	165.30	325.65	272.30	828.70	61.73	195.45	341.45	283.45	882.08	66.80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
合計		265.83	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	759.60	1,101.15	969.35	3099.90	8,926.27

1952＋…＋1955 合計収量		F 値	L.S.D.	
	品種	8.48**	P 0.05	58.92
			0.01	77.43
	刈取法	132.1[illegible]**	P 0.05	[illegible]
			0.01	97.01
	年次	1,625.92**	P＝0.05	93.81
			0.01	97.01

Interaction の F 値		C.V.
品種×刈取法	4.78**	17.2%
品種×年次	3.34**	
品種×石灰	[illegible]**	
石灰×年次	2.31**	
年次×刈取法	52.68**	

第 2 表 処理別品種の乾物収量 (Kg/3 プロット合計)

Table 2 Oven-dry yields of six varieties in Kg per 3 plots total under various treatments.

刈取法	品種	Ca_0 1952	1953	1954	1955	計	Ca_1 1952	1953	1954	1955	計	Ca_2 1952	1953	1954	1955	計	合計
C_1	CA	3.63	5.42	8.36	5.83	23.24	3.44	6.26	8.38	6.27	24.35	3.55	6.70	9.44	7.20	26.8[illegible]	
	WI	2.91	3.57	6.27	6.21	18.96	1.98	4.87	6.05	5.67	18.57	2.55	4.62	6.87	5.84	19.88	
	BU	2.83	4.12	6.57	5.22	18.74	2.48	4.93	6.72	5.28	19.41	3.29	4.14	8.41	5.59	23.43	
	OK	2.94	4.08	6.41	5.80	19.23	3.79	6.84	7.83	6.05	24.51	2.69	4.94	8.27	6.55	22.45	
	RA	1.93	2.91	4.96	3.96	13.76	2.60	4.47	6.80	4.64	18.71	2.59	5.59	7.44	5.49	21.11	
	AT	2.40	4.63	5.93	4.46	17.42	2.35	4.24	6.63	4.89	18.11	2.33	5.51	7.36	5.64	2[illegible].34	
	計	16.64	24.73	38.50	31.48	111.35	16.64	31.61	42.41	33.00	123.66	17.00	33.50	47.79	36.31	134.60	369.61
C_2	CA	3.72	6.19	9.40	10.04	29.35	3.36	6.45	8.82	11.25	29.89	3.73	7.57	10.89	11.43	33.62	
	WI	2.66	4.03	8.10	10.36	25.15	2.09	4.67	8.33	9.71	24.80	2.24	5.56	9.62	11.14	28.[illegible]6	
	BU	2.28	6.31	8.41	7.78	24.78	2.73	6.24	8.83	10.53	28.33	2.49	5.71	8.57	10.52	27.29	
	OK	3.08	5.21	7.85	10.90	27.04	2.29	5.12	8.05	10.43	25.89	3.08	5.93	9.45	9.47	27.93	
	RA	1.95	5.04	9.02	8.91	24.92	2.26	5.02	8.94	8.96	25.18	1.73	5.70	7.43	9.11	23.97	
	AT	3.13	7.58	9.03	9.41	29.15	2.50	6.28	8.27	9.37	26.42	2.61	6.87	8.70	9.99	28.17	
	計	16.82	34.36	51.81	57.40	160.39	15.23	33.79	51.24	60.25	160.51	15.88	37.34	54.66	61.66	169.54	4[illegible].44
C_3	CA	2.42	4.93	8.11	9.12	24.58	2.82	5.47	8.[illegible]3	8.60	24.92	3.10	5.63	7.79	9.40	25.92	
	WI	2.52	6.06	10.92	10.65	30.15	3.23	8.02	10.70	9.03	30.98	2.20	6.23	10.85	11.07	30.35	
	BU	2.83	5.16	8.51	8.94	25.44	2.65	6.47	10.34	9.45	28.91	2.51	6.92	10.62	9.09	29.14	
	OK	3.15	4.60	9.68	9.46	26.89	3.04	6.18	9.70	9.88	28.80	2.97	9.00	9.37	10.94	30.28	
	RA	2.88	5.49	10.18	10.50	29.05	2.44	5.45	8.92	8.66	25.47	2.73	5.72	8.32	8.81	25.58	
	AT	2.36	5.61	10.56	9.22	27.75	2.74	6.02	10.09	8.51	27.36	2.86	6.14	9.81	9.09	27.9[illegible]	
	計	16.16	31.85	57.96	57.89	163.86	16.92	37.61	57.78	54.13	166.44	16.37	37.64	56.76	58.40	169.17	4[illegible].47
C_4	CA	2.78	7.38	12.21	1[illegible].65	33.[illegible]3	3.55	5.24	13.17	13.88	35.84	3.45	5.91	14.06	11.23	34.65	
	WI	1.65	5.06	12.21	13.72	32.64	1.53	5.26	11.82	12.29	30.90	2.26	6.57	11.99	12.01	32.83	
	BU	3.58	6.93	14.78	8.42	33.71	2.73	6.56	11.40	9.91	30.60	2.37	6.93	12.55	11.78	[illegible]	
	OK	3.16	4.77	13.66	10.96	32.55	2.86	5.21	11.79	9.93	29.79	3.34	7.34	14.16	13.05	37.[illegible]	
	RA	2.78	5.38	11.38	9.89	29.43	2.33	6.25	13.30	12.50	34.38	2.76	6.52	11.71	9.49	3[illegible].4[illegible]	
	AT	2.21	5.41	11.81	9.88	29.31	2.41	7.93	12.60	11.55	34.49	2.77	7.18	12.14	9.91	32.[illegible]	
	計	16.16	34.93	76.05	63.53	190.67	15.41	36.45	74.08	70.06	196.00	16.95	40.45	76.61	67.47	201.48	588.15
合計		65.78	125.87	224.32	210.20	626.27	64.20	139.46	225.51	217.44	646.61	66.20	148.93	235.82	223.84	674.79	1,947.67

1952+…+1955 合計収量	F 値	L.S.D.	
品種	7.16**	P=0.05	15.29
		0.01	20.09
刈取法	18.11**	P=0.05	18.72
		0.01	24.60
年次	1,144.0[illegible]**	P=0.05	18.72
		0.01	24.60

	Interaction の F 値	C.V.
品種×刈取法	2.8[illegible]**	20.4[illegible]
年次×刈取法	45.98**	
石灰×刈取法	7.85**	

第 3 表 処理別品種の粗蛋白質収量 (Kg/3 プロット合計)

Table 3 Crude protein yields of six varieties in Kg per 3 plots total under various treatments.

刈取法	品 種	Ca_0 1952	Ca_0 1953	Ca_0 1954	Ca_0 1955	Ca_0 計	Ca_1 1952	Ca_1 1953	Ca_1 1954	Ca_1 1955	Ca_1 計	Ca_2 1952	Ca_2 1953	Ca_2 1954	Ca_2 1955	Ca_2 計	合計
C_1	CA	0.80	1.19	1.65	1.12	4.76	0.77	1.48	1.71	1.12	5.08	0.79	1.42	1.94	1.37	5.52	
	WI	0.64	0.75	1.25	1.11	3.75	0.47	0.83	1.24	1.09	3.63	0.60	1.12	1.49	1.00	4.21	
	BU	0.70	0.87	1.36	0.95	3.88	0.64	1.11	1.39	1.05	4.19	0.82	1.25	1.59	1.01	4.67	
	OK	0.49	0.93	1.34	1.08	3.84	0.79	1.58	1.65	1.15	5.17	0.56	1.06	1.82	1.25	4.69	
	RA	0.46	0.60	1.00	0.81	2.87	0.62	0.97	1.47	0.97	4.03	0.64	1.21	1.52	0.97	4.34	
	AT	0.54	1.02	1.21	0.91	3.68	0.56	0.87	1.30	0.94	3.67	0.55	1.21	1.55	1.13	4.44	
	計	3.63	5.36	7.81	5.98	22.78	3.85	6.84	8.76	6.32	25.77	3.96	7.27	9.91	6.73	27.87	76.42
C_2	CA	0.82	1.02	1.80	1.80	5.44	0.74	1.09	1.68	1.85	5.36	0.82	1.33	2.03	1.85	6.03	
	WI	0.59	0.83	1.59	1.53	4.54	0.49	0.95	1.52	1.28	4.24	0.53	1.17	1.75	1.73	5.18	
	BU	0.56	1.20	1.57	1.21	4.54	0.72	1.42	1.66	1.78	5.58	0.63	1.20	1.67	1.66	5.16	
	OK	0.50	1.04	1.48	1.68	4.70	0.49	1.11	1.44	1.58	4.62	0.63	1.30	1.68	1.48	5.09	
	RA	0.46	1.07	1.79	1.31	4.63	0.54	1.00	1.68	1.42	4.64	0.42	1.20	1.42	1.42	4.46	
	AT	0.71	1.70	1.82	1.52	5.75	0.58	1.58	1.60	1.50	5.26	0.62	1.30	1.49	1.68	5.09	
	計	3.64	6.86	10.05	9.05	29.60	3.56	7.18	9.58	9.41	29.73	3.65	7.50	10.04	9.82	31.01	90.34
C_3	CA	0.53	0.85	1.34	1.28	4.00	0.62	1.04	1.41	1.16	4.23	0.69	1.18	1.32	1.41	4.60	
	WI	0.56	0.96	1.98	1.56	5.06	0.76	1.71	1.96	1.49	5.92	0.51	1.28	1.95	1.63	5.37	
	BU	0.71	1.05	1.60	1.36	4.72	0.69	1.44	1.85	1.40	5.38	0.63	1.59	1.95	1.37	5.54	
	OK	0.52	0.97	1.71	1.46	4.66	0.64	1.18	1.80	1.33	4.95	0.62	1.66	1.86	1.55	5.69	
	RA	0.68	1.01	1.80	1.59	5.08	0.58	1.25	1.58	1.21	4.62	0.67	1.32	1.57	1.36	4.92	
	AT	0.53	1.23	1.91	1.36	5.03	0.66	1.14	1.81	1.24	4.85	0.68	1.38	1.79	1.28	5.13	
	計	3.53	6.07	10.34	8.61	28.55	3.95	7.76	10.41	7.83	29.95	3.80	8.41	10.44	8.60	31.25	89.75
C_4	CA	0.61	1.62	2.10	1.72	6.05	0.78	1.32	2.39	2.01	6.50	0.75	1.38	2.57	1.82	6.52	
	WI	0.36	0.92	2.31	1.87	5.46	0.36	1.03	2.16	1.77	5.32	0.53	1.55	2.27	1.73	6.08	
	BU	0.89	1.23	2.57	1.30	5.99	0.71	1.34	1.93	1.42	5.40	0.59	1.46	2.43	1.79	6.27	
	OK	0.52	0.90	2.29	1.59	5.30	0.61	1.06	2.04	1.60	5.31	0.69	1.71	2.46	1.85	6.71	
	RA	0.67	1.21	2.13	1.45	5.46	0.56	1.35	2.51	1.86	6.28	0.69	1.40	2.00	1.48	5.57	
	AT	0.50	1.19	2.17	1.41	5.27	0.57	1.62	2.25	1.74	6.18	0.67	1.64	2.25	1.54	6.10	
	計	3.55	7.07	13.57	9.34	33.53	3.59	7.72	12.28	10.40	34.99	3.92	9.14	13.98	10.21	37.25	105.77
合	計	14.35	25.36	41.77	32.98	114.46	14.95	29.50	42.03	33.96	120.44	15.33	32.32	44.37	35.36	127.38	362.28

		F 値	L.S.D.		Interaction の F 値		C.V.
1952+…+1955 合計収量	品 種	4.10**	P=0.05	3.33	品種×刈取法	3.70**	23.8%
			0.01	4.38			
	刈取法	66.60**	P=0.05	4.53	石灰×年 次	2.60**	
			0.01	5.95			
	年 次	566.90**	P=0.05	4.53	年次×刈取法	17.80**	
			0.01	5.95			

第 4 表 各処理における年次別品種の粗蛋白質含有率 (乾物中)

Table 4 Crude protein percentage of six varieties in each year under various treatments. (% in dry matter).

刈取法	品種	Ca₀ 1952	Ca₀ 1953	Ca₀ 1954	Ca₀ 1955	Ca₀ 平均	Ca₁ 1952	Ca₁ 1953	Ca₁ 1954	Ca₁ 1955	Ca₁ 平均	Ca₂ 1952	Ca₂ 1953	Ca₂ 1954	Ca₂ 1955	Ca₂ 平均	平均
C_1	CA	21.92	21.88	20.90	[illegible]	[illegible]	21.92	23.00	21.99	[illegible]	21.14	22.12	20.89	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	WI	21.97	[illegible]	21.61	[illegible]	21.11	23.74	23.27	22.08	19.51	22.15	23.37	[illegible]	22.95	[illegible]	[illegible]	21.58
	BU	24.66	20.12	21.90	18.37	21.26	25.86	22.25	22.20	[illegible]	22.19	25.08	19.97	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	OK	16.61	20.32	21.98	18.34	19.31	20.91	22.14	22.65	[illegible]	21.25	[illegible]	[illegible]	22.51	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	RA	23.75	22.08	21.89	19.24	21.74	23.58	[illegible]	22.26	[illegible]	21.57	24.69	21.92	[illegible]	[illegible]	21.45	21.69
	AT	22.61	20.85	22.15	20.22	21.96	23.84	17.24	21.15	19.17	[illegible]	23.87	24.37	[illegible]	15.71	22.43	21.60
	平均	21.92	21.34	21.74	18.87	20.97	23.31	21.49	22.05	[illegible]	21.49	23.29	21.75	[illegible]	[illegible]	21.41	21.29
C_2	CA	21.92	17.21	19.47	15.22	18.46	21.92	17.48	19.17	17.14	18.93	22.12	17.65	19.54	[illegible]	[illegible]	19.51
	WI	21.97	21.56	19.11	15.24	19.47	23.74	[illegible]	18.65	[illegible]	19.59	23.37	23.45	19.63	[illegible]	20.43	[illegible]
	BU	24.66	19.24	18.78	16.10	19.70	25.86	23.44	[illegible]	17.65	21.59	[illegible]	21.51	[illegible]	16.02	[illegible]	[illegible]
	OK	16.61	22.91	18.86	15.80	[illegible]	20.91	21.18	18.24	[illegible]	18.98	[illegible]	21.03	18.32	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	RA	23.75	22.76	19.34	15.51	20.38	[illegible]	25.17	18.92	16.61	21.07	24.69	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	AT	22.61	19.44	20.27	17.15	19.62	23.84	20.43	19.67	[illegible]	[illegible]	[illegible]	21.21	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	平均	21.92	20.35	19.31	15.84	19.36	23.31	21.49	19.01	16.51	20.08	23.29	20.65	[illegible]	16.46	19.63	19.76
C_3	CA	21.92	17.17	17.25	14.15	17.62	21.92	[illegible]	[illegible]	15.36	18.91	22.12	20.82	17.42	[illegible]	18.93	18.47
	WI	21.97	21.45	18.22	14.44	19.02	23.74	19.85	18.66	[illegible]	19.59	23.37	23.13	[illegible]	[illegible]	[illegible]	19.45
	BU	24.66	[illegible]	18.38	14.67	19.53	25.86	22.36	[illegible]	15.44	25.58	[illegible]	22.92	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	OK	16.61	18.46	17.78	15.13	[illegible]	20.91	23.14	16.74	14.36	19.29	[illegible]	[illegible]	19.94	[illegible]	[illegible]	18.45
	RA	23.75	21.92	18.26	15.31	19.61	23.58	[illegible]	18.07	14.89	18.95	24.69	22.03	19.62	[illegible]	20.46	19.74
	AT	22.61	16.47	15.65	14.81	18.14	23.84	[illegible]	[illegible]	15.92	19.68	23.87	[illegible]	18.32	14.23	19.62	19.15
	平均	21.92	19.31	[illegible]	14.75	18.52	23.31	[illegible]	18.38	15.35	19.49	23.29	[illegible]	18.62	[illegible]	19.64	19.22
C_4	CA	21.92	21.42	19.25	17.23	19.96	21.92	26.24	18.88	15.62	20.67	22.12	23.35	19.78	[illegible]	20.54	20.39
	WI	21.97	19.15	[illegible]	14.78	[illegible]	23.74	[illegible]	19.62	15.17	19.82	23.37	[illegible]	[illegible]	16.12	[illegible]	19.93
	BU	24.66	17.88	18.67	16.25	19.34	25.86	[illegible]	[illegible]	16.56	20.35	25.08	21.13	[illegible]	16.47	[illegible]	20.17
	OK	16.61	[illegible]	[illegible]	15.59	18.19	20.91	22.53	18.89	[illegible]	[illegible]	20.62	21.57	19.31	15.35	19.21	19.57
	RA	23.75	[illegible]	[illegible]	15.84	20.44	23.58	[illegible]	19.39	[illegible]	19.93	24.69	[illegible]	19.33	16.32	20.82	[illegible]
	AT	22.61	18.56	19.93	16.31	19.35	23.84	19.99	19.42	16.36	[illegible]	23.87	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	20.15
	平均	21.92	[illegible]	19.47	[illegible]	19.39	23.31	21.68	19.25	15.95	[illegible]	23.29	22.85	19.83	[illegible]	[illegible]	[illegible]
平均		21.92	20.37	19.81	16.69	19.70	23.31	21.41	19.85	16.91	20.37	23.29	21.81	20.04	16.64	20.45	20.17

要因別有意性	1952	1953	1954	1955
品種	**			
石灰		**		
刈取法			**	**
品種×刈取法		**		
品種×石灰	**	**		
石灰×刈取法				**

** 1% 水準で有意

体これと類似の傾向が認められる。但し上記の順位中実線で区切られた品種間には統計的に収量差が認められなかつた。相互作用については，1953年は生草では品種×石灰，品種×刈取法，石灰×刈取法，乾物では品種×刈取法，石灰×刈取法の各要因に，1954年は生草及び乾物で品種×刈取法の要因に有意性が認められたが，その他の年次には認められず，結局4箇年間の総合計収量では第1，第2表の如き結果をえた。全体を通じて刈取法が重要な要因をなしていることはいなめない。また収穫初期は石灰との相互作用にも有意性が認められるが，その後は認められなくなつている。

(2) 粗蛋白質収量

品種の処理別，年次別粗蛋白質収量を粗蛋白質含有率より算出して示せば第3表のとおりであるが，表によればアルファルファの年次別生産性は生草，乾物収量同様1954年>’55年>’53年>’52年の如く播種3年目が最大であり，播種当年が最も少ない。また刈取法が収量に与える影響については，1953年は C_4, C_3, $C_2>C_1$, 1954年は $C_4>C_3$, $C_2>C_1$, 1955年は C_4, $C_2>C_3$, C_1 の如き関係が存在するが，4箇年間の合計収量では $C_4>C_2$, $C_3>C_1$ の関係にある。更にこれを品種の示す生産性について検討すれば，

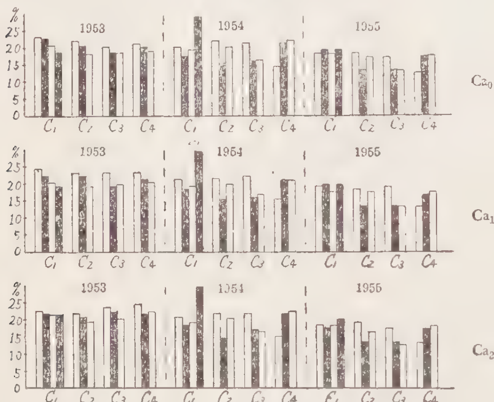
CA, BU, OK, AT, WI, RA

の如き多収順位にあつて CA，BU の栄養生産性が最大となつている。但し上記の順位中実線で区切られた品種間には統計的に収量差が認められな

かつた。また相互作用では，1954年に品種×刈取法の要因に有意性が認められるのみであつたが，播種3年目の刈取法が重要な要因をなしていることは考えられる。

（3）　飼料成分

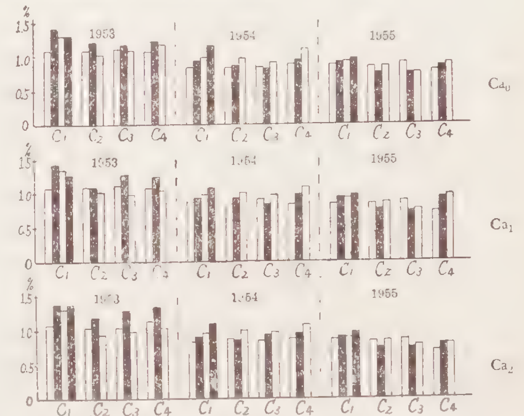
(a)　粗蛋白質：粗蛋白質含量について分析結果を示せば第4表のとおりであるが，これを番草別に6品種の平均含量を以つて図示すれば第1図の如くである。粗蛋白質含量が要因別に含量有意差が存在するか否かを検討するため分散分析を行つたが，1953年には石灰，石灰×品種，石灰×刈取法の各要因に有意性が存在し，石灰についてはCa_2，$Ca_1>Ca_0$の関係が認められ，1954年には刈取法に有意性が存在し，$C_1>C_2$，C_3，C_4の関係，1955年には刈取法と石灰×刈取法の各要因に有意性がみられ，刈取法については$C_1>C_3$，$C_4>C_3$の関係が認められた。粗蛋白質含量は栽培年次の新しい場合は石灰施用量の多いほど含量を多くしているが，その後は刈取法の要因が大きく左右し，刈取間隔を短縮するほどその含量を多くしている。



第 1 図　各処理内における番草別粗蛋白質含有率
（左より 1, 2, 3, 4 番草の順）

Fig. 1　Crude protein percentage of 1, 2, 3 and 4 th crops under various treatments. (Figure shows 1, 2, 3 and 4th crops from left in order.)

(b)　燐酸：燐酸含量について分析結果を示せば第5表のとおりであるが，これを番草別に6品種の平均含量をもつて図示すれば第2図の如くである。燐酸含量が要因別に含量有意差が存在するか否かを検討するため分散分析を行つたが，各年次とも刈取法の要因のみに有意性がみられ，1953年は$C_1>C_4$，$C_3>C_3$，C_2，1954年は C，$C_1>C_2$，C_3，1955年は$C_1>C_4>C_2$，C_3の関係が認められた。従つて燐酸は刈取頻度を多くした若刈りの場合に多く，刈取適期を失した植物成熟の進んだ刈取法では少ない傾向がみられる。しかして品種，石灰及びこれら要因の相互作用にも有意性がみられず，本試験では以上の要因は燐酸含量を左右する要因となつていない。



第 2 図　各処理内における番草別燐酸含有率
（左より 1, 2, 3, 4 番草の順）

Fig. 2　Phosphate percentage of 1, 2, 3 and 4th crops under various treatments. (Figure shows 1, 2, 3 and 4th crops from left in order.)

（C）　加里：加里含量について分析結果を示せば第6表のとおりであるが，これを番草別に6品種の平均含量をもつて図示すれば第3図の如くである。加里含量が要因別に含量有意差が存在するか否かを検討するため分散分析を行つたが，1953年のみ刈取法に有意性が存在し，C_1，$C_3>C_3$，$C_4>C_2$の関係が認められ，その他の年次には各要因に有意性が認められなかつた



第 3 図　各処理内における番草別加里含有率
（左より 1, 2, 3, 4 番草の順）

Fig. 3　Potassium percentage of 1, 2, 3 and 4th crops under various treatments. (Figure shows 1, 2, 3 and 4th crops from left in order.)

第 5 表　各処理における年次別品種の燐酸含有率（乾物中）

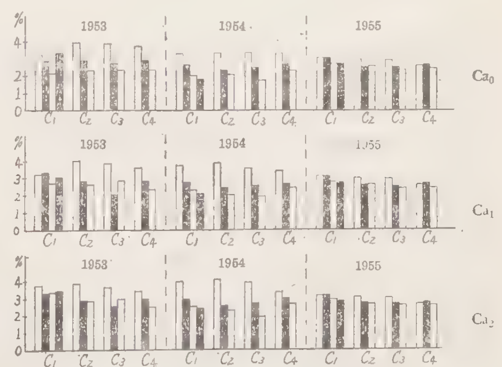
Table 5　Phosphate percentage of six varieties in each year under various treatments (% in dry matter).

刈取法	品種	Ca_0 1953	Ca_0 1954	Ca_0 1955	Ca_0 平均	Ca_1 1953	Ca_1 1954	Ca_1 1955	Ca_1 平均	Ca_2 1953	Ca_2 1954	Ca_2 1955	Ca_2 平均	[illegible]
C_1	CA	1.26	0.98	0.92	1.05	1.30	0.95	0.90	1.05	1.28	0.92	0.90	1.03	1.04
	WI	1.20	0.95	0.89	1.01	1.29	0.93	0.89	1.04	1.24	0.93	0.88	1.02	1.02
	BU	1.29	0.92	0.90	1.04	1.22	0.96	0.87	1.02	1.31	0.91	0.89	1.04	1.03
	OK	1.32	0.95	0.91	1.06	1.25	1.00	0.91	1.05	1.37	0.97	0.94	1.09	1.07
	RA	1.18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	AT	1.34	1.02	0.88	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	平均	1.27	0.96	0.90	1.04	1.28	0.96	0.91	1.05	1.28	0.94	0.91	1.04	1.04
C_2	CA	1.09	[illegible]	[illegible]	0.92	1.13	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	WI	1.02	0.86	0.86	0.91	0.98	0.92	0.83	0.91	0.95	0.94	0.78	0.89	0.90
	BU	1.16	0.87	0.77	0.93	1.13	0.92	0.78	0.94	1.08	0.86	0.82	0.92	0.93
	OK	1.19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.89	[illegible]	0.92	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	RA	1.07	0.89	0.78	0.91	1.04	0.90	0.82	0.92	1.09	0.90	0.79	0.93	0.92
	AT	1.10	0.87	0.77	0.91	1.11	0.94	0.79	0.95	1.07	0.88	0.84	0.93	0.93
	平均	1.10	0.88	[illegible]	0.93	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
C_3	CA	1.11	0.84	0.76	0.90	1.11	0.94	0.76	0.94	1.19	0.88	0.80	0.96	0.93
	WI	1.12	0.86	0.80	0.93	1.09	0.83	0.74	0.89	1.09	0.95	0.79	0.94	0.92
	BU	1.12	0.79	0.80	0.90	1.13	0.97	0.79	0.96	1.07	0.94	0.79	0.93	0.93
	OK	1.12	0.82	0.82	0.92	1.10	0.85	0.81	0.92	1.12	0.88	0.78	0.93	0.92
	RA	1.10	0.89	0.76	0.92	1.12	0.87	0.74	0.91	1.05	0.96	0.77	0.93	0.92
	AT	1.09	0.85	0.74	1.89	1.13	0.93	0.77	0.94	1.05	0.90	0.79	0.91	0.91
	平均	1.11	0.84	0.78	0.91	1.11	0.90	0.77	0.93	1.10	0.92	0.79	0.94	0.93
C_4	CA	1.17	0.94	0.87	0.99	1.16	0.92	0.84	0.97	1.17	0.96	0.84	0.99	0.98
	WI	1.21	0.94	0.85	[illegible]	1.11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	BU	1.14	0.95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.94	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	OK	1.12	0.95	0.81	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	RA	1.08	0.95	0.84	0.96	0.97	0.99	0.85	0.94	1.11	0.95	0.83	0.96	0.95
	AT	1.13	0.98	0.82	0.98	1.11	0.98	0.87	0.99	1.21	0.96	0.77	0.98	0.98
	平均	1.14	0.95	0.84	0.98	1.12	0.98	0.86	0.98	1.17	0.96	0.83	0.99	0.98
平均		1.16	0.91	0.83	0.97	1.15	0.93	0.84	0.97	1.20	0.93	0.84	0.97	0.97

要因別有意性	1953	1954	1955
刈取法	**	**	**
品種×刈取法		**	

** 1 % 水準で有意

(d) 石灰：石灰含量について分析結果を示せば第7表のとおりであるが，これを番草別に6品種の平均含量をもつて図示すれば第4図の如くである。石灰含量が要因別に含量有意差が存在するか否かを検討するため分散分析を行つたが，1954年は石灰の要因に有意性がみられ，Ca_2, Ca_1＞Ca_1, Ca_0, 1955 年は石灰，刈取法の各要因に有意性が存在しそれぞれ Ca_2, Ca_1＞Ca_1, Ca_0 及び C_1＞C_2, C_3＞C_3, C_4 の関係が認められた しかして石灰含量は石灰施用量の多いほどその含量を増加し，刈取頻度の多い若刈りの場合は多い傾向はみられる。相互作用については石灰×刈取法，石灰×品種，品種×刈取法の各要因にも有意性がみられず，これら要因は石灰含量に影響を与えるまでにいたつていない。



第 4 図　各処理内における番草別石灰含有率（左より 1, 2, 3, 4 番草の順）

Fig. 4　Calcium percentage of 1, 2, 3 and 4th crops under various treatments. (Figure shows 1, 2, 3 and 4th crops from left in order.)

(4) 刈取時における開花状況

刈取時における処理別 1, 2, 3, 4 番草の開花状況を示せば第8表のとおりである。第8表によれば C_1 では 2, 3 番草は開花始, C_2 では 2, 3

第 6 表　各処理における年次別品種の加里含有率（乾物中）

Table 6　Potassium percentage of six varieties in each year under various treatments (% in dry matter).

刈取法	品種	Ca₀ 1953	Ca₀ 1954	Ca₀ 1955	Ca₀ 平均	Ca₁ 1953	Ca₁ 1954	Ca₁ 1955	Ca₁ 平均	Ca₂ 1953	Ca₂ 1954	Ca₂ 1955	Ca₂ 平均	平均
C_1	CA	4.66	4.91	4.58	4.72	4.99	4.92	4.54	4.82	4.92	4.77	4.66	4.78	4.77
	WI	4.89	4.83	4.66	4.79	4.76	4.84	4.60	4.73	4.76	4.81	4.59	4.72	4.75
	BU	4.70	4.86	4.63	4.73	4.69	4.95	4.68	4.77	4.86	4.90	4.68	4.81	4.77
	OK	4.79	4.85	4.49	4.71	4.51	4.90	4.51	4.64	4.69	4.88	4.76	4.78	4.71
	RA	4.73	4.95	4.66	4.78	5.06	4.83	4.63	4.84	4.80	4.90	4.71	4.80	4.81
	AT	4.74	4.75	4.70	4.73	4.33	4.78	4.47	4.69	4.58	4.91	4.60	4.70	4.71
	平均	4.75	4.86	4.62	4.74	4.80	4.87	4.57	4.75	4.77	4.86	4.67	4.77	4.75
C_2	CA	4.89	4.75	4.78	4.81	4.55	4.77	4.69	4.67	4.54	4.73	4.60	4.62	4.70
	WI	4.78	4.81	4.54	4.71	4.63	4.56	4.58	4.59	4.49	4.72	4.69	4.63	4.64
	BU	4.67	4.79	4.64	4.70	4.66	4.59	4.62	4.62	4.54	4.61	4.69	4.61	4.64
	OK	4.65	4.69	4.62	4.65	4.59	4.75	4.68	4.67	4.61	4.64	4.63	4.63	4.65
	RA	4.73	4.63	4.68	4.68	4.52	4.67	4.69	4.63	4.55	4.74	4.63	4.64	4.65
	AT	4.58	4.70	4.65	4.64	4.51	4.74	4.57	4.61	4.61	4.65	4.65	4.64	4.63
	平均	4.72	4.73	4.65	4.70	4.58	4.68	4.64	4.63	4.56	4.68	4.65	4.63	4.65
C_3	CA	4.51	4.70	4.56	4.59	4.68	4.68	4.62	4.66	4.90	4.75	4.62	4.76	4.67
	WI	4.30	4.76	4.51	4.52	4.60	4.77	4.62	4.66	4.73	4.72	4.57	4.67	4.62
	BU	4.69	4.61	4.48	4.59	4.60	4.61	4.66	4.62	4.64	4.66	4.58	4.63	4.61
	OK	4.84	4.76	4.67	4.76	4.47	4.78	4.54	4.60	4.67	4.78	4.52	4.66	4.67
	RA	4.69	4.68	4.75	4.71	4.58	4.78	4.44	4.60	4.86	4.68	4.65	4.73	4.68
	AT	4.60	4.63	4.58	4.60	4.97	4.70	4.57	4.75	4.89	4.80	4.70	4.80	4.72
	平均	4.61	4.69	4.59	4.63	4.65	4.72	4.58	4.65	4.78	4.73	4.60	4.70	4.66
C_4	CA	4.72	4.97	4.64	4.78	4.79	5.02	4.70	4.84	4.95	4.89	4.58	4.81	4.81
	WI	4.60	4.87	4.53	4.67	4.97	4.94	4.68	4.86	4.94	4.90	4.53	4.79	4.77
	BU	4.68	4.81	4.63	4.71	4.95	4.90	4.48	4.78	4.62	4.87	4.42	4.64	4.71
	OK	4.92	4.89	4.53	4.78	4.67	4.89	4.55	4.70	4.69	4.77	4.47	4.64	4.71
	RA	4.71	4.76	4.58	4.68	4.68	4.77	4.66	4.70	4.67	4.80	4.63	4.70	4.69
	AT	4.58	4.88	4.67	4.71	4.63	5.10	4.52	4.75	4.55	4.93	4.60	4.68	4.71
	平均	4.70	4.88	4.60	4.72	4.78	4.94	4.60	4.77	4.74	4.86	4.54	4.71	4.73
平均		4.70	4.79	4.61	4.70	4.71	4.81	4.59	4.70	4.72	4.79	4.62	4.70	4.70

	1953	1954	1955
要因別有意性{刈取法	**		**

** 1 % 水準で有意

番草は開花期，C_3 では 2，3 番草は開花揃に達してから刈取られた。また 1，4 番草については C_1, C_2, C_3 とも未開花または一部開花（1953 年，1954 年は CA，OK の 1 番草は開花始に達した）の状態で刈取られた。

4. 考　　察

試験結果によれば，品種の示す生産性は 4 箇年間を総合して，生草及び乾物収量では California Common, Oklahoma，粗蛋白質収量では California Common, Buffalo が多収性を示した。而して California Common の示す生産性は，播種当年における生育差が影響を与えていることも考えられる。即ち，試験継続期間中この生育差は圧縮されることがなかつたから，初期の生育は後年まで収量を支配する要因として軽視できない。また粗蛋白質収量において Buffalo の示す多収性は，本品種の示す粗蛋白質含量が他品種に比し比較的高かつたことに起因するものであろう。刈取頻度と収量との関係については，播種当年，2 年目では生草収量は $C_4>C_1$，$C_3>C_3$，C_2，乾物収量は C_4，C_3，$C_2>C_1$，粗蛋白質収量は C_4，C_3，$C_2>C_2$，C_1 の関係が認められ，生草収量では刈取頻度の多い C_1 が C_4 に次ぐが，若刈り傾向にあるため乾物率は少なく乾物収量はさほど多くならない。従つて，粗蛋白質の全収量も多くを期待することは出来なかつた。然し播種後 4 箇年間の合計収量では，生草，乾物いずれの場合も $C_4>C_3$，$C_2>C_1$，粗蛋白質は $C_4>C_2$，$C_3>C_1$ の関係が存在し，刈取間隔の短縮するほど収量逓減の傾向が認められ，この傾向は栽培年次の経過と共に顕著となり，刈取頻度の増加は刈取法として

第7表　各処理における年次別品種の石灰含有率（乾物中）

Table 7　Calcium percentage of six varieties in each year under various treatments (% in dry matter).

刈取法	品種	Ca_0 1953	Ca_0 1954	Ca_0 1955	Ca_0 平均	Ca_1 1953	Ca_1 1954	Ca_1 1955	Ca_1 平均	Ca_2 1953	Ca_2 1954	Ca_2 1955	Ca_2 平均	平均
C_1	CA	2.76	2.38	2.79	2.64	3.19	2.87	2.89	2.93	3.24	3.09	2.98	3.10	2.91
	WI	2.90	2.32	2.83	2.68	3.23	2.72	2.36	2.94	2.99	3.03	2.93	3.02	2.88
	BU	3.11	2.41	2.92	2.81	2.82	2.79	2.95	2.85	3.58	2.95	3.03	3.19	2.62
	OK	2.81	2.56	2.87	2.75	3.73	2.66	2.95	3.11	2.79	2.83	3.05	2.89	2.92
	RA	3.29	2.53	2.90	2.91	2.62	2.73	3.03	2.79	3.26	2.83	3.01	3.03	2.91
	AT	2.50	2.52	3.00	2.67	3.00	2.65	2.98	2.88	3.39	2.89	2.95	3.06	2.87
	平均	2.90	2.45	2.88	2.74	3.10	2.74	2.94	2.93	3.21	2.95	3.00	3.05	2.91
C_2	CA	2.93	2.57	2.66	2.72	2.98	2.77	2.73	2.83	2.57	2.91	2.78	2.75	2.77
	WI	2.66	2.54	2.67	2.62	3.42	2.64	2.80	2.95	3.51	2.93	2.80	3.08	2.88
	BU	3.42	2.63	2.73	2.93	3.47	2.83	2.68	2.99	3.32	2.85	2.77	2.98	2.97
	OK	3.10	2.48	2.58	2.72	3.07	2.72	2.73	2.84	3.31	2.99	2.93	3.08	2.83
	RA	2.91	2.64	2.76	2.77	2.83	2.73	2.78	2.78	3.28	3.00	2.79	3.02	2.86
	AT	3.40	2.64	2.72	2.92	3.18	2.83	2.74	2.92	3.08	3.01	2.82	2.97	2.93
	平均	3.07	2.58	2.69	2.78	3.16	2.75	2.74	2.88	3.18	2.95	2.82	2.98	2.88
C_3	CA	2.74	2.64	2.57	2.65	2.90	2.73	2.59	2.74	3.06	2.89	2.75	2.90	2.76
	WI	2.78	2.52	2.61	2.64	3.01	2.47	2.65	2.71	3.19	2.76	2.75	2.90	2.75
	BU	2.92	2.57	2.55	2.68	2.80	2.78	2.58	2.72	2.99	2.86	2.76	2.87	2.76
	OK	3.35	2.36	2.50	2.74	3.06	2.75	2.63	2.81	2.85	2.75	2.77	2.79	2.78
	RA	3.04	2.42	2.54	2.67	3.22	2.58	2.67	2.82	2.59	2.81	2.76	2.72	2.74
	AT	3.11	2.57	2.55	2.74	2.68	2.87	2.67	2.74	3.67	2.88	2.84	3.13	2.87
	平均	2.99	2.51	2.55	2.68	2.95	2.70	2.63	2.76	3.06	2.83	2.77	2.87	2.77
C_4	CA	2.88	2.74	2.49	2.70	2.83	2.76	2.65	2.75	3.29	3.00	2.58	2.96	2.80
	WI	3.32	2.62	2.50	2.81	3.36	3.01	2.49	2.95	2.52	3.23	2.64	2.80	[illegible]
	BU	3.19	2.88	2.63	2.90	2.78	2.87	2.55	2.73	3.09	2.92	2.73	2.91	2.85
	OK	3.09	2.74	2.64	2.82	2.91	2.81	2.58	2.77	3.24	2.93	2.61	2.93	2.84
	RA	3.14	2.84	2.51	2.83	2.84	2.83	2.55	2.74	2.73	3.09	2.61	2.81	2.79
	AT	2.41	2.59	2.57	2.52	2.99	2.64	2.62	2.75	2.74	2.77	2.78	2.76	2.78
	平均	3.01	2.74	2.56	2.76	2.95	2.82	2.57	2.78	2.94	2.99	2.66	2.86	2.80
平均		2.99	2.57	2.67	2.74	3.04	2.75	2.72	2.84	3.10	2.93	2.81	2.94	2.84

	1953	1954	1955
要因別有意性 石灰		**	**
要因別有意性 刈取法			**

** 1% 水準で有意

最高収量を期待する手段とはなりえないことが示唆された。また各年次において示される生産性は生草，乾物，粗蛋白質収量のいずれの場合も，1954年＞'55年＞'53年＞'52年の如き関係が存在し，播種当年は最低収量を示すも翌年から次第に増加の傾向がみられ，3年目には最高収量に達した。特に1954年は6月始めから50日余に及ぶ無降雨に経過した晴冷旱魃型気候であり，また1955年は夏季間高温旱魃型気候で他牧草の蒙つた生育上の障害に比すれば，殆どその影響は認められず，アルファルファの耐旱性形質を示唆するものがあつたと考えられる。石灰施用の影響は，Ca_1，Ca_2 間に統計的な有意差を認めえなかつたが，石灰施用量の多いほど収量増加の傾向はみられる。本試験圃場の pH は，試験終了後の調査によれば，作土の場合，Ca_0 5.95，Ca_1 6.0，Ca_2 6.18，心土の場合 Ca_0 6.0，Ca_1 6.1，Ca_2 6.2 の値をえたが，この程度の差異では石灰施用効果を顕著に生ぜしめるまでにいたらなかつたとも考えられる。いずれにしてもアルファルファ栽培上石灰施用は特に重要であるから，土壌に応じた最適石灰施用量は収量と飼料成分向上のためにも他の試験により決定されねばならない。また相互作用から特に考慮されることは，刈取頻度が品種の収量に与える影響であつて，アルファルファではこの関係は無視できない。同時に年次により刈取頻度が与える収量効果も重要な要因となりうる。飼料成分については，粗蛋白質含量では播種2年目に石灰の要因に有意性が認められ，石灰施用量の多いほどその含量が高まる傾向を示している。然し播

第 8 表 各処理内における 1, 2, 3 番草の開花状況

Table 8 Flowering dates of 1, 2 and 3rd crops under various treatments.

刈取法	品種	Ca₀									Ca₁									Ca₂								
		1番草			2番草			3番草			1番草			2番草			3番草			1番草			2番草			3番草		
		始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃	始	期	揃
C_1	CA				7.5			8.9						7.9			8.8						7.9			8.10		
	WI							8.6									8.10						7.6			8.9		
	BU				7.9			8.11									8.8									8.10		
	OK							8.11						7.11			8.12						7.12			8.6		
	RA				7.11			8.6						7.9			8.9						7.7			8.9		
	AT							8.8									8.6						7.11			8.12		
C_2	CA				7.6	7.20		8.31	**					7.12	7.20		9.1	**					7.7	7.20		8.25	**	
	WI				7.14	7.20		8.30	**					7.1[illegible]	7.20		8.31	**					7.12	7.20		9.1	**	
	BU				7.11	*		8.26	**					7.13	*		8.31	**					7.10	*		8.30	**	
	OK				7.10	7.19		9.1	**					7.14	7.20		8.29	**					7.13	7.20		9.1	**	
	RA				7.13	7.20		9.2	**					7.13	7.20		9.1	**					7.8	7.20		9.2	**	
	AT				7.17	*		8.31	**					7.12	*		9.1	**					7.9	*		9.1	**	
C_3	CA				7.8	7.19	7.26	9.7	9.17	9.23				[illegible]	7.21	7.28	9.7	9.16	9.23				7.12	7.20	7.28	9.10	9.17	9.24
	WI				7.15	7.21	7.28	9.5	9.21	9.25				7.15	7.22	7.30	9.10	9.21	9.2[illegible]				7.13	7.21	7.30	9.7	9.21	9.25
	BU				7.17	7.25	7.30	9.6	9.24	9.28				7.12	7.25	8.1	9.6	9.24	9.3[illegible]				7.12	7.26	8.1	9.8	9.24	9.30
	OK				7.13	7.20	7.26	9.10	9.20	9.22				7.17	7.21	7.27	9.8	9.18	9.2[illegible]				7.17	7.20	7.27	9.8	9.19	9.23
	RA				7.12	7.22	7.29	9.6	9.21	9.24				7.16	7.22	7.30	9.10	9.21	9.2[illegible]				7.19	7.23	7.30	9.5	9.2[illegible]	9.26
	AT				7.11	7.24	7.31	9.7	9.25	9.3				7.1[illegible]	7.24	8.1	9.9	9.24	9.2[illegible]				7.15	7.25	8.2	9.11	9.25	9.30
C_4	CA	6.21	7.2		7.23	7.31		9.5	9.17		6.28	7.2		7.23	8.1		9.4	9.16		6.20	7.2		7.21	8.1		9.9	9.16	
	WI	6.24	7.3		7.21	7.30		9.6	9.20		6.23	7.2		7.[illegible]	7.31		9.8	9.19		6.26	7.2		7.22	7.30		9.5	9.21	
	BU	6.24	7.4		7.19	8.3		9.11	9.21		6.25	7.5		7.22	8.2		9.11	9.22		6.24	7.5		7.23	8.3		9.9	9.22	
	OK	6.23	7.1		7.23	7.28		9.7	9.16		6.19	7.2		7.2[illegible]	8.1		9.8	9.17		6.21	7.1		7.21	7.29		9.9	9.16	
	RA	6.21	7.1		7.21	7.29		9.8	9.19		6.22	7.2		7.21	7.31		9.9	9.20		6.23	6.30		7.19	7.31		9.11	9.2	
	AT	6.19	7.5		7.2[illegible]	8.3		9.12	9.21		6.24	7.4		7.22	8.3		9.13	9.22		6.23	7.4		7.22	8.2		9.10	9.22	

註 1. 表は 1955 年の開花状況を示す (Flowering dates in 1955)　2. * 35% 開花 (Flowering stage)　** 60～70% 開花 (Flowering stage)

種 3, 4 年目には刈取法の要因のみに有意性が認められ，それぞれ $C_1>C_4$, C_3, C_2 及び C_1, C_2, $C_4>C_3$ の如き関係が存在した。また番草別含量では C_1 は4番草が高く，C_2 は 1, 3, 2 番草，C_3 は 1, 2 または3番草，C_4 は 3, 2, 1 番草の如く順次する傾向がみられ，年次の経過と共に含量が漸減している。この含量差は主として刈取時における植物体の生育状態によることは言をまたない。即ち1番草 (C_1, C_2, C_3), 4 番草 (C_1) はいずれも開花以前に刈取られているが，Ca_0, Ca_1, Ca_2 における1番草の草丈は，C_1 では 37.7 cm, 37.1 cm, 39.4 cm, C_2 では 46.9 cm, 47.6 cm, 48.2 cm, C_3 では 48.5 cm, 46.7 cm, 48.0 cm, 4 番草 (C_1) のそれは 45.8 cm, 44.0cm, 45.3 cm に達している。然るに C_2 における 2, 3 番草は開花期，またはほぼこれに近い時期，C_3 における 2, 3 番草はそれぞれ開花期後 9～15日，10～18 日を経過している。その草丈は C_2 における 2 番草はそれぞれ 96.0 cm, 94.5 cm, 93.3 cm, 3 番草は 69.0 cm, 68.2 cm, 69.9 cm, C_3 における 2 番草は 102.0 cm, 99.7 cm, 101.1 cm, 3 番草は 56.8 cm, 57.1 cm, 57.3 cm に達して C_3 における生育程度は顕著である。更にC_1 における各番草は開花期を標準として刈取られているが, 1番草の草丈は 95.8 cm, 96.3cm, 96.8 cm, 2 番草は 82.4 cm, 83.7 cm, 82.0 cm, 3 番草は 57.8 cm, 59.8 cm, 58.7 cm で，特に 1 番草が他処理に比し顕著な差異が認められる。

燐酸含量については，各年次とも刈取法の要因に有意性が認められ，1953 年は $C_1>C_4$, $C_3>C_3$, C_2, 1954 年は C_4, $C_1>C_2$, C_3, 1955 年は $C_1>C_4>C_2>C_3$ の関係が存在し，C_1 では 4 番草が比較的高く, C_2, C_3 では 2 番草がやや低く, C_4 では 1 番草が低い傾向を示している。また年次別には粗蛋白質同様，年次の経過と共に漸減の傾向がみられる。燐酸は植物体の若い組織に多く，細胞の核，原形質等が若い内にでき上るから，その必要成分たる燐酸は割合早期に充実されることが考えられ，C_1 の生育が若刈り傾向にあること及び各刈取処理中若刈状態にあつた番草が比較的含量の多いこと等を考慮すれば，この間の関係を一応推定しうる。

加里含量については 1953 年のみ刈取法に有意性が認められ，C_1, $C_3>C_3$, $C_4>C_2$ の関係が存在した。然し各刈取処理内における番草別含量の傾向は判然としていない。

しかして加里は植物生活細胞内にあつて生理作用を営むものであり，炭水化物，蛋白質合成にも関与するとされているから，植物生長の旺盛に，且つ蛋白質合成のさかんに行われる場合は，含量の多いことが考えられる。本試験では 1953 年を除けば判然としていないが，この理由については更に調査検討を加える必要がある。石灰含量については，1953 年，1954 年に石灰の要因に有意性が認められ，Ca_2, $Ca_1>Ca_1$, Ca_0 の関係が存在し，石灰施用量の多いほど含量が多くなる傾向を示している。また 1955 年は刈取法の要因にも有意性が認められて，刈取頻度の多い場合がその含量を増加する傾向がみられる。更に番草別含量では，各処理区とも 1 番草が最も高く, 一般に 1, 2, 3 番草の如く順次する傾向がみられた。而して石灰の生理作用については判然としないが，蛋白質合成に関与するともいわれ，植物体の成熟にともない茎葉に蓄積されるともいわれているから，更に精密な調査を経ればこれらの関係が一層明かにされるものと考えられる。

5. 摘　　要

アルファルファ栽培に当り，異る 3 要因（品種，石灰，刈取頻度）及びその相互作用が収量，飼料成分に及ぼす影響を調査する目的をもつて，1952 年より 1955 年まで 4 箇年に亘つて試験を実施した。本試験に使用した品種は California Common (CA), Williamsburg (Wl), Buffalo (BU), Oklahoma (OK), Ranger (RA), Atlantic (AT) であるが，石灰については Ca_0（無石灰），Ca_1（50 貫/反），Ca_2（100 貫/反）の相異る石灰処理区を設けたほか，刈取法については C_1（5 週間間隔），C_2（7 週間間隔），C_3（9 週間間隔），C_4（開花期）刈取りの異る刈取り処理区を設けた。その結果を要約すれば次のとおりである。

1. アルファルファの年次別生産性（生草，乾物，粗蛋白質）については播種 3 年目＞播種 4 年目＞播種 2 年目＞播種当年の如き関係をえた。

2. 刈取法が収量に与える影響については，次頁の表に示す如き関係にあつたが，一般に刈取頻

年次	生草	乾物	粗蛋白質
1953 年	$C_4>C_1$, $C_3>C_3$, C_{-}	C_4, C_3, $C_2>C_1$	C_4, C_3, $C_2>C_2$, C_1
1954 年	$C_4>C_3>C_2>C_1$	$C_4>C_3>C_2>C_1$	$C_4>C_3$, $C_2>C_2$, C_1
1955 年	$C_4>C_2>C_3>C_1$	$C_4>C_2$, $C_3>C_1$	C_4, $C_2>C_3>C_1$
1952～1955 年合計	$C_4>C_3$, $C_2>C_1$	$C_4>C_3$, $C_2>C_1$	$C_4>C_2$, $C_3>C_1$

年次	粗蛋白質	燐酸	加里	石灰
1953 年	Ca_2, $Ca_1>Ca_0$	$C_1>C_4$, $C_3>C_3$, C_2	C_1, $C_3>C_3$, $C_4>C_2$	
1954 年	$C_1>C_2$, C_3,C_4	C_4, $C_1>C_2$, C_3		Ca_2, $Ca_1>Ca_1$, Ca_0
1955 年	$C_1>C_2$, $C_4>C_3$	$C_1>C_4>C_2>C_3$		Ca_2, $Ca_1>Ca_1$, Ca_0, $C_1>C_2$, $C_3>C_3$, C_4

度の多いほど収量逓減の傾向が認められる。

3. 品種の生産性は，4 箇年間の合計収量についてみれば次の如き多収順位にあつた。

生草収量 OK, CA, BU, WI, AT, RA

乾物収量 CA, OK, WI, BU, AT, RA

粗蛋白質収量 CA, BU, OK, AT, WI, RA

但し実線で区切られた品種間には統計的に収量差を認めえない。

4. 飼料成分については粗蛋白質，燐酸，加里及び石灰について調査したが，上表の如き関係が認められた。

参考文献

1. Davies, R.O. and Morgan, T.B. 1953: The yields and composition of lucerne, grass and clover under different systems of management. I. Jour. Brit. Grassl. Soc., Vol. 8, No. 2, 149～168.
2. Hilderbrand, S.C. and Harrison, C.M. 1939: The effect of height and frequency of cutting alfalfa upon consequent to growth and root development. Jour. Amer. Soc. Agron., Vol. 31, No. 9, 790～799.
3. Jackobs, J.A. and Oldemeyer, D.L. 1955: The response of four varieties of alfalfa to spring clipping, intervals between clippings, and fall clipping in the Yakima Valley. Agron. Jour., Vol. 47, No. 4, 169～170.
4. 纐纈理一郎 1937: 生理植物学 明文堂.
5. 京都大学農学部農芸化学教室編 1951: 農芸化学実験書 産業図書.
6. 坂村徹 1950: 植物生理学 上巻 裳華房.
7. 須藤憲三 1937:医化学微量測定法 南江堂書店.
8. Tysdal, H.M. and Kieselbach, T.A. 1939: The differential response of alfalfa varieties to time of cutting. Jour. Amer. Soc. Agron., Vol. 31, No. 6, 513～519.

Résumé

A study of the effect of three different factors (variety, calcium and cutting frequency) and the interactions among them on the yield and chemical composition of alfalfa (*Medicago sativa* L.) was made, during four growing seasons 1952 to 1955.

The three factors studied were designated as follows:

Variety: California Common (CA), Williamsburg (WI), Buffalo (BU), Oklahoma (OK), Ranger (RA), Atlantic (AT)

Calcium: Ca_0, no calcium; Ca_1, 50 *kan* per *tan*; Ca_2, 100 *kan* per *tan*

Cutting frequency:

C_1, cut every 35 days or 4 times per year

C_2, 〃 49 〃 3 〃

C_3, 〃 63 〃 3 〃

C_4, cut at every full bloom stage or 3 times per year. The results are summarized as follows:

1. On the yearly productivity (green, oven-dry andc rude protein yield) of alfalfa, the following significant differences were remarkable. 3rd year>4th year>2nd year>seeding year.

2. In regard to cutting frequency, the following results were remarkable, and on the relation between cutting treatments and yield, there was a significant and progressively decreasing order.

Year	Green	Oven-dry	Crude portein
1953	$C_4>C_1, C_3>C_3, C_2$	$C_4, C_3, C_2>C_1$	$C_4, C_3, C_2>C_2, C_1$
1954	$C_4>C_3>C_2>C_1$	$C_4>C_3>C_2>C_1$	$C_4>C_3, C_2>C_2, C_1$
1955	$C_4>C_2>C_3>C_1$	$C_4>C_2, C_3>C_1$	$C_4, C_2>C_3>C_1$
Total, 1952～1955	$C_4>C_3, C_2>C_1$	$C_4>C_3, C_2>C_1$	$C_4>C_2, C_3>C_1$

3. The productivity of each variety on basis of total yield of four growing seasons was ranked as follows:

Green yield:

OK, CA, BU, WI, AT, RA

Oven-dry yield:

CA, OK, WI, BU, AT, RA

Crude protein yield:

CA, BU, OK, AT, WI, RA

However, there were no significant differences in yield between varieties within the same vinculum.

4. On the relation between various treatments and chemical compositions, crude protein, phosphate, potassium and calcium contents, the following significant orders were obtained.

Year	Crude protein	Phosphate	Potassium	Calcium
1953	$Ca_2, Ca_1>Ca_0$	$C_1>C_4, C_3>C_3, C_2$	$C_1, C_3>C_3, C_4>C_2$	
1954	$C_1>C_2, C_3, C_4$	$C_4, C_1>C_2, C_3$		$Ca_2, Ca_1>Ca_1, Ca_0$
1955	$C_1>C_2, C_4>C_3$	$C_1>C_4>C_2>C_3$		$Ca_2, Ca_1>Ca_1, Ca_0, C_1>C_2, C_3>C_3, C_4$

馬鈴薯の栄養生理学的研究

第1報　馬鈴薯の生育過程における無機要素の推移

串　崎　光　男*

NUTRIO-PHYSIOLOGICAL STUDY OF POTATO PLANTS

PART I. ABSORPTION AND TRANSLOCATION OF INORGANIC ELEMENTS BY POTATO PLANTS

By Mitsuo KUSHIZAKI

緒　　言

馬鈴薯はその特性上冷涼な地帯に適し，適応性が大で栽培が比較的容易な上，単位面積当りの生産量もまた大で，畑作経営上広く輪作式にとり入れられること等で，本道における主要畑作物としての地位を獲得している所以であると考えられる。[1] しかし栽培の実際を見るに，病害虫の防除や施肥技術などの面からも幾多改善を加うべき余地が多分に残されている。筆者は先年来施肥技術合理化の基礎資料たらしめんとの意図の下に栄養生理学の立場からいささか研究を重ねて来たが，ここには馬鈴薯の生育過程における無機要素の推移について試験調査結果を報告する。

今，肥料要素の吸収利用についての従来の研究を見るに，WILFARTH (1906)[3] は圃場栽培で生育過程の N, P,K, Na の消長を調査し，WAGNER (1933)[4] は砂耕法によつて育てた馬鈴薯の生育を追つて 4 要素の吸収を調査し，CAROLUS (1937)[5] は生育各期の吸収経過を 1 週間毎に調査し，今野 (1937)[6] は「アーリーローズ」を供試して 10 日目毎に生育各期の 4 要素吸収状態を調査し，稲見ら (1939)[7] は N 施用量を変えてその生育過程の養分吸収状況を 10 日毎に調査し，HAWKINS (1946)[8] は品種と施肥量を変えて栽培した馬鈴薯の生育過程を 10 日毎に調査し，野田 (1946)[9] も「男爵薯」を供試し同様の調査を行つている。このように肥料要素の吸収利用についての研究調査の外，生理形態学的或いは貯蔵中の物質変化等についても研究が行われて来たが，栄養生理学的見地から馬鈴薯の生育経過を解析した報告は余り見受けられないようである。

実験計画及び実験法

北海道における主要品種の一つである「男爵薯」について，生育過程の主な生育相における N, P_2O_5, K_2O, CaO の推移を調査するため次の如き計画で実施した。

1. 耕種梗概

1) 施肥量（貫/反）
   堆肥 400　　過燐酸石灰 8.0
   魚粕 6.5　　硫酸加里 5.0
   硫酸アンモニア 6.0
2) 栽植密度 2.5 尺×1.0 尺
3) その外は北海道農業試験場標準耕種法による。

2. 分析方法

第1表に示す生育の各段階に圃場より平均株を選定して抜取り，葉，茎，塊茎に区分し分析に供した。

N:　常法に依り分解蒸溜
P_2O_5:　灰化硅酸分離後 LORENZ 法
K_2O:　過塩素酸法
CaO:　蓚酸塩として沈澱させた後 $KMnO_4$ 滴定

3. 生育概況（1953 年度）

播種期	発芽			花蕾着生期	培土	開花			茎葉枯凋期	収穫期
	始	期	揃			始	期	終		
2/V	3/VI	4/VI	6/VI	20/VI	25/VII	5/VII	9/VII	21/VII	1/IX	10/IX

* 農芸化学部土壌肥料第3研究室

4. 試料採取時期

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
播種後 28 日	〃 35 日	〃 43 日	〃 52 日	〃 67 日	〃 [illegible] 日	〃 1[illegible] 日	〃 1[illegible] 日	〃 124 [illegible]
29/V	5/VI	13/VI	22/VI	7/VII	29/VII	14/VIII	26/VIII	2/IX
萠芽直前	萠芽直後	簇生期	花蕾着生期	開花期	開花終直後	黄変期	枯葉期	茎葉枯凋期

実験結果及び考察

1. 草丈，乾物重

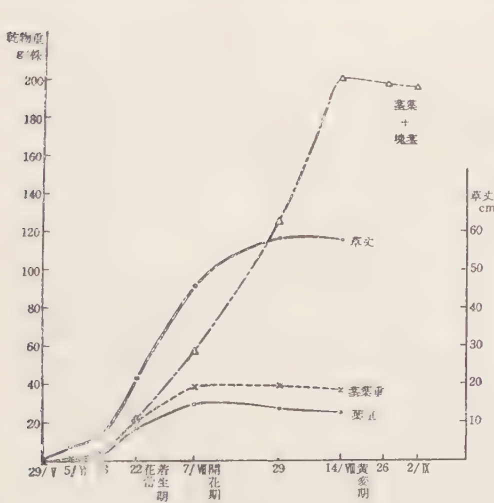
生育に伴う草丈及び乾物重の推移は第1表及び第1図に示す如くである。

草丈の伸長は概ね S 字曲線型をとり，花蕾着生期より開花終に至る間その伸長は最も著しい。乾物重量は塊茎部の著しい肥大に伴つて生育末期まで増大し，花蕾着生期に着生を認められた塊茎は，開花期より黄変期に至る間その生長速度は最も大であり，これに対応して地上部の伸長は開花期以後見るべきものがない。

第 1 表　生育過程の草丈，乾物重

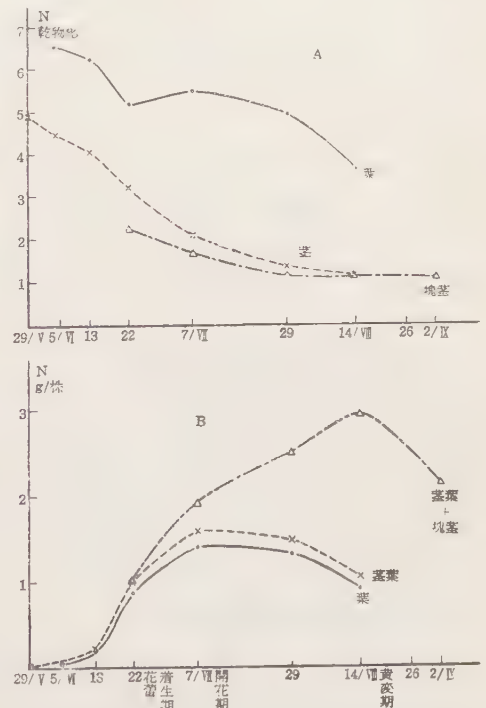
Table 1　Plant height and dry matter weight.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
草丈 (cm)				6.4	21.[illegible]	45.5	58.0	57.5		
乾物重 (g/株)	葉	—	0.63	2.97	16.[illegible]	29.02	26.44	24.75	—	
	茎	0.40	0.65	0.77	4.25	9.82	12.75	12.74	11.30	
	茎葉	0.40	1.28	3.74	21.13	38.84	39.19	37.49	11.30	
	塊茎	—	—	—	0.31	18.81	86.30	163.61	186.31	195.53
	計	0.40	1.28	3.74	21.44	57.65	125.[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]



第 1 図　草丈及び乾物重 (cm, g/株)

Fig. 1　Plant height (cm) and dry matter weight (g/stock).



第 2 図　全窒素含有率及び含有量の推移

Fig. 2　Content of total nitrogen (A: %, dry matter basis, B: g/stock).

2. 生育に伴う全窒素含量の推移

窒素含量の消長は第 2 表，第 2 図に示せる如

第 2 表　全窒素含有率（乾物 %）及び含有量（g/株）

Table 2　Per cent (dry matter basis) and absorbed amount (g/stock) of total nitrogen.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
含有率	葉	—	6.51	6.24	5.13	5.48	4.90	[illegible]		
	茎	4.90	4.47	4.03	3.21	2.10	[illegible]	[illegible]		
	塊茎		—	—	2.23	1.67	[illegible]	[illegible]		[illegible]
含有量	葉	—	0.04	0.19	0.87	1.38	[illegible]	[illegible]		
	茎	0.02	0.03	0.03	0.14	0.21	[illegible]	0.14		
	茎葉	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.04		
	塊茎				0.007	0.32	[illegible]	[illegible]		[illegible]
	計	0.02	0.07	0.22	1.017	1.91	[illegible]	[illegible]		[illegible]

第 3 表　燐酸含有率（乾物 %）及び含有量（g/株）

Table 3　Per cent (dry matter basis) and absorbed amount (g/stock) of phosphorus.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
含有率	葉	—	2.08	1.53	1.00	[illegible]	0.68	0.59		
	茎	1.51	0.81	0.87	0.67	[illegible]	0.34	0.24		
	塊茎	—	—	—	0.91	[illegible]	0.53	0.60		0.58
含有量	葉	—	0.01	0.05	0.17	[illegible]	0.18	0.15		
	茎	0.006	0.005	0.006	0.03	[illegible]	0.04	0.03		
	茎葉	0.006	0.015	0.056	0.20	[illegible]	0.22	0.18		
	塊茎	—	—	—	0.003	[illegible]	0.43	0.98		1.13
	計	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.203	[illegible]	0.65	[illegible]		1.13

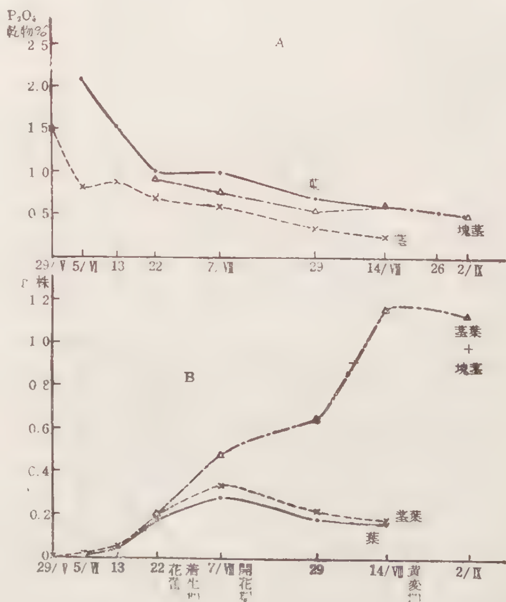
くである。

N 含有率は生育の進むと共に次第に低減するが，葉＞茎＞塊茎の順に含有率は低くなつている。更に含有量の推移は乾物重量の動きと近似し，地上部では簇生期後開花期までの増加が著しく，開花終頃より漸次低下するが，塊茎の肥大に伴つて含有量は黄変期頃まで増加を示している。従つて 8 月 14 日頃までも地上部からの転流と同時になお吸収される N によつて塊茎重量が増加しつつあつて，その後は地上部からの転流によつて賄われると見られる。従つて生育のかなり後期まで N が吸収されている可能性がある。

3. 生育に伴う燐酸含量の推移

燐酸含量の消長は第 3 表，第 3 図に示せる如くである。

P 含有率は葉＞塊茎＞茎の順に濃度が低下し，しかも生育の進むに伴つて濃度は次第に低減して



第 3 図　燐酸含有率及び含有量の消長

Fig. 3　Phosphorus content (A: %, dry matter basis, B: g/stock).

いる。一方含有量の消長を見ると地上部では開花期まで上昇し，しかも簇生期から開花期に目立つて増加を示している。その後次第に低下していくが，塊茎部は開花期頃から塊茎重量の急激な増大に伴つてその含有量を増し，殊に開花終より黄変期までにかけての塊茎の肥大充実期には最も著しい上昇を示し，燐酸は塊茎部の肥大充実に伴つて生育末期まで多量に吸収されることが推察される。

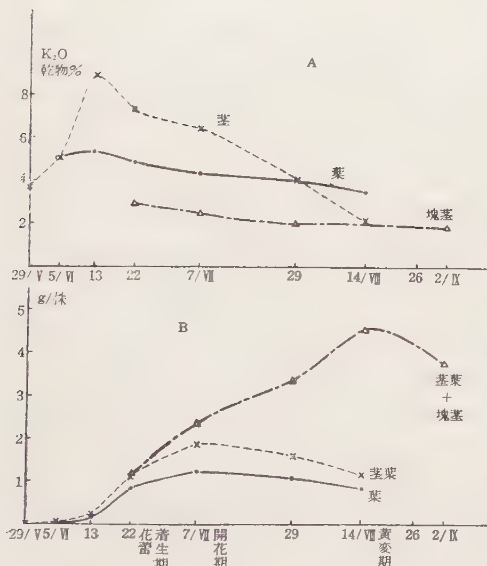
4. 生育に伴う加里含量の推移

加里含量の消長は第4表, 第4図に示せる如くである。

第4表 加里含有率（乾物 %）及び含有量（g/株）

Table 4 Per cent (dry matter basis) and absorbed amount (g/stock) of potassium.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI
含有率	葉	·	5.14	5.32	4.85	4.31	4.03	3.52		
	茎	3.69	5.00	8.93	7.23	6.40	4.13	2.16		
	塊茎	—	—	—	2.99	2.50	2.03	2.09		1.91
含有量	葉	—	0.03	0.16	0.82	1.25	1.07	0.87		
	茎	0.01	0.03	0.07	0.31	0.63	0.53	0.28		
	茎葉	0.01	0.06	0.23	1.13	1.88	1.60	1.15		
	塊茎	—	—	—	0.009	0.47	1.75	3.42		
	計	0.00	0.06	0.23	1.139	2.35	3.35	4.57		[illegible].73



第4図 加里含有率及び含有量の推移

Fig. 4 Potassium content (A: %, dry matter basis, B: g/stock).

加里含有率は茎>葉>塊茎の順に低く，生育に伴つて漸時低減の傾向を示すが，その変動は極めて少ない。但し茎では萠芽期から簇生期にかけて急激にその濃度が高まり，乾物中 9% にも及ぶが，その後生育の進むにつれてかなり急激に低下することが認められる。その含有量については概ね窒素の消長に類似し，地上部は開花期までの吸収は著しく，その後次第に低下するが，窒素，燐酸と異つて茎の含有量はかなり多くなつている。開花期以後塊茎の肥大に伴つて塊茎部の含有量は増大し殊に開花終直後から黄変期にかけての増加は著しい。

5. 生育に伴う石灰含量の推移

石灰含量の推移は第5表, 第5図に示した如くである。

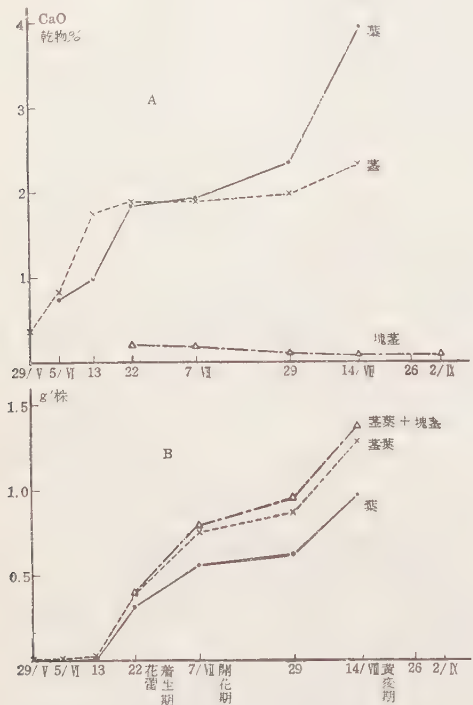
石灰含有率は葉>茎>塊茎の順に低下するが，生育末期を除いて葉と茎の含有率は大差ない。しかしながら塊茎の含有率は肥大の進むに従つて漸時低減の傾向を示すとはいえ，僅かに乾物の0.2～0.1%に過ぎないことと窒素,燐酸,加里の含有率は生育の進むにつれて概して低下することが認められたに反し，地上部の石灰含有率が次第に上昇することは特異な点である。その含有量については第5図Bに明らかな如く前記三要素の消長とは相違し，地上部の含有量は開花期以後と雖も低減することなく黄変期に至るまで上昇の一途を辿つていくものである。しかしながら塊茎部は

第 5 表 石灰含有率（乾物 %）及び含有量（g/株）

Table 5 Per cent (dry matter basis) and absorbed amount (g/stock) of calcium.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
含有率	葉	—	0.74	0.99	1.84	1.93	2.34	3.91		
	茎	0.37	0.84	1.75	1.89	1.90	1.98	2.32		
	塊茎	—	—	—	.20	0.19	0.10	0.06		0.08
含有量	葉	—	0.005	0.03	.31	0.56	0.62	0.97		
	茎	0.001	0.005	0.01	[illegible]	.19	[illegible]	[illegible]		
	茎葉	0.001	0.010	0.04	.39	0.75	0.87	1.27		
	塊茎		—		.001	0.04	0.09	0.10		0.16
	計	0.001	0.010	0.04	.391	0.79	0.96	1.37		0.16

その肥大に伴い漸次その含有量は増加を示すが，株当り高々 0.2 g に過ぎず，株全体の石灰含量に比べては甚だしく少量である。



第 5 図 石灰含有率及び含有量の推移

Fig. 5 Content of calcium (A: %, dry matter basis, B: g/stock).

6. 生育に伴う乾物量，窒素，燐酸，加里，石灰の集積割合及び茎葉対塊茎の含有割合の変化

生育過程に伴つて茎葉部対塊茎部の推移を見るため 塊茎部/茎葉＋塊茎 の比を求めたものが第 6 表 A である。

更に乾物量，窒素，燐酸，加里，石灰が最高含有量に達した時を 100 とし各生育時期における含有量の比率を示したものが第 6 表 B である。

塊茎部/茎葉＋塊茎 の比は開花期から顕著に増大し，乾物量と燐酸は良く類似した値を示して最も高く，加里がこれより少く低く，更に窒素はこれより幾分低い。石灰だけは塊茎部の比率が著しく低い。黄変期の値で見ると窒素は 65%，燐酸 84%，加里 75%，石灰 7% が塊茎部に含まれる。

株当りの含有量の推移を見ても第 6 表 B で判るように開花期における各要素は約 50% 程度を含有し，窒素，加里，石灰はその後著しく増大して黄変期に至るが，燐酸だけは一時期遅れて開花終後 10 日目より黄変期に至る間の増加は極めて大である。

第 6 表 A 乾物量及び N, P_2O_5, K_2O, CaO の 塊茎部対茎葉＋塊茎の比率

Table 6 A Content of dry matter, N, P_2O_5, K_2O and CaO in tuber portion, expressed as percentages of whole plant content.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
乾物量	—		—	1.45	32.63	68.77	81.36		
N	—	—		0.69	16.75	4[illegible].32	64.63		
P_2O	—		—	1.48	29.16	66.15	84.48		
K_2O	—	—	—	0.79	20.00	52.24	74.84		
CaO	—	—	—	0.026	5.06	9.33	7.3[illegible]		

第 6 表 B　乾物量, N, P_2O_5, K_2O, CaO が最高含有量の時を 100 とした各時期の比率

Table 6 B　Accumulated ratios of dry matter, N, P_2O_5, K_2O and CaO during the successive stages (maximum = 100).

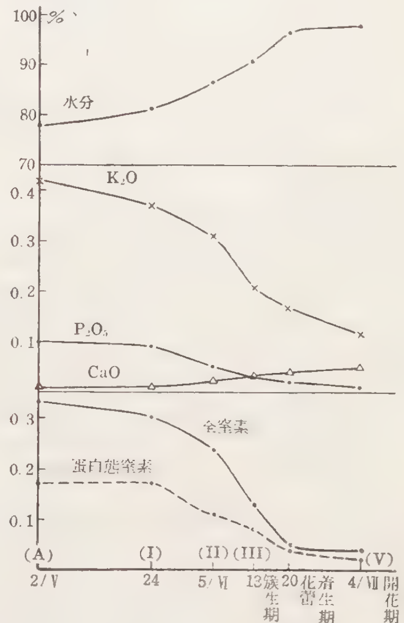
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
乾物量	0.20	0.64	1.86	10.66	26.67	62.40	100.00		97.23
N	0.68	2.33	7.48	34.59	64.47	84.35	100.00		71.77
P_2O_5	0.52	1.29	4.83	17.50	41.38	56.03	100.00		97.41
K_2O	0.22	1.31	5.03	24.92	51.42	73.30	100.00		81.62
CaO	0.07	0.73	2.92	28.54	57.66	70.07	100.00		11.68

7. 馬鈴薯の生育過程における種子藷中の乾物及び窒素, 燐酸　加里, 石灰含量の推移

馬鈴薯の種子薯は播種後2箇月即ち開花期頃までは組織はかなり弛解しつつも残存するものが多いが, それ以後になると殆ど原形のまま残存しているものでも組織は崩壊し, 株を抜取る場合に崩落してしまうものが多い。しかし播種後開花期頃まで種子薯中の乾物, 無機要素の消長を, 新しい個体の生育史と関連して考察する意味において検討することとした。なおこれは 1953 年度と同一耕種条件で栽培した 1952 年度の実験結果である。試料採取時期は次のとおりである。

A	I	II	III	IV	V
播種期	萌芽直前	萌芽直後	簇生期	花蕾着生期	開花期
2/V	24/V	5/VI	13/VI	20/VI	4/VII

生育に伴う水分含量及び新鮮物中 N, P_2O_5, K_2O, CaO 含量の推移は第 7 表 A, 第 6 図 A に乾物中含量は第 7 表 B, 第 6 図 B に示した如くである。



第 6 図 A　播種後種子薯中の水分, 窒素, 燐酸, 加里, 石灰含有率の推移 (新鮮物 %)

Fig. 6 A　Content of moisture, total nitrogen, protein nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the seed potato after planting (%, fresh weight basis).

第 7 表 A　種子薯中水分, N, P_2O_5, K_2O, CaO 含量 (新鮮物中)

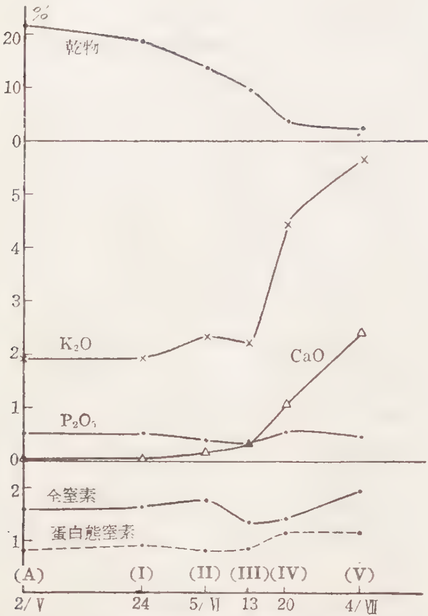
Table 7 A　Per cent (fresh weight basis) of moisture, N, P_2O_5, K_2O and CaO in seed potato.

		A	I	II	III	IV	V
含有率 (%)	全窒素	0.33	0.30	0.24	0.13	0.05	0.04
	蛋白態N	0.17	0.17	0.11	0.08	0.04	0.02
	P_2O_5	0.10	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01
	K_2O	0.42	0.37	0.31	0.21	0.17	0.12
	CaO	0.010	0.009	0.023	0.034	0.041	0.052
	水　分	78.67	81.19	86.49	90.47	96.22	97.88

第 7 表 B　種子薯中乾物 (新鮮物中), N, P_2O_5, K_2O, CaO 含量 (乾物中)

Table 7 B　Percentage of dry matter (fresh weight basis) and N, P_2O_5, K_2O, CaO (dry matter basis) in seed potato.

		A	I	II	III	IV	V
含有率 (%)	全窒素	1.56	1.61	1.76	1.53	1.41	1.43
	蛋白態N	0.80	0.90	0.81	0.85	1.17	1.18
	P_2O_5	0.49	0.50	0.37	0.33	0.53	0.47
	K_2O	1.99	1.94	2.33	2.21	4.47	5.67
	CaO	0.045	0.047	0.172	0.359	1.076	2.436
	乾　物	21.33	18.81	13.51	9.53	3.78	2.12



第6図B　播種後種子薯中の窒素，燐酸，加里，石灰含有率の推移（乾物 %）及び新鮮物中乾物量

Fig. 6 B　Content of total nitrogen, protien nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the seed potato after planting (%, dry weight basis).

日数の経過と共に種子薯の水分は漸次増加し，花蕾着生期には 97% にも達している。N, P, K 等の新鮮物中含有率は漸次低下するが，Ca だけは幾分上昇の傾向を示す。乾物中百分率であらわした第6図Bでやや傾向が乱れているがN, P では著しい変動はなく，K, Ca も簇生期の 13/VI までは著しい変動が見られないが，その後急激に増大することが認められる。しかしながらこれは残留する乾物の質の変異に左右されているものと考えられるから，新しい個体の発育と関連して貯蔵養分の供給如何を考えるには新鮮物中の含量を基礎に考えてよいであろう。

播種期の種子薯重量は平均 44.0 g として，これに含有される要素量と，簇生期（13/VI）に同じく平均薯重 44.0 g と仮定して含有される要素量からそれまでに失われた要素量及び簇生期，花蕾着生期に1株当りに吸収される要素量を表示すると第8表の如くである。即ち N, P, K は簇生期までに当初の 1/2〜1/3 量位減少するが，これは簇生期の株当り吸収量に比べて N は 40%，P は 50%，K は 40% 程度である。花蕾着生期には明

第8表　種子薯中の要素含量の変動（g）

Table 8　Nutrients content in seed potato and nutrient absorbed during early growth stages (g).

	I 播種時種子薯中の含量	II 簇生期種子薯中の含量	I—II 播種から簇生期迄の減量	III 簇生期1株当り吸収量	IV 花蕾着生期1株当り吸収量
N	0.145	0.057	0.088	0.22	1.02
P_2O_5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
K_2O	0.185	0.092	0.093	0.23	1.14
CaO	0.0044	0.0150	(+)0.0106	0.04	0.39

らかに吸収量が著しく多くなつている。従つて種子薯からの養分の供給は簇生期頃までは意味をもつていると見て良いであろう。Ca についてはやや趣を異にし当初の含量が著しく低くむしろ土壌中より吸上げてその量を増加するような形になつており，簇生期の含量の 30% を吸上げているようである。

以上無機要素消長の面から馬鈴薯の生育過程を考察すると，先ず種子薯中の要素含有率は石灰を除いて播種後 40 日には 1/2〜1/3 に低下しているが，これは芽生えの生長のために供給されたと考えて良いであろう。そうしてこの時期における新しい個体は未だ要素含量が少なく，種子薯からの供給に依存する割合がかなり高いと見られよう。次に 10 日後の花蕾着生期に達すると塊茎も出来始め，その要素含量も急に増大し，乾物重量も目立つて増加するのであつて個体の同化量も急に増大して来るものと思われる。従つて独立栄養への転期は簇生期頃と考えられる。

乾物量は地上部の増加は開花期頃から殆ど停止し，専ら地下塊茎部の増加が著しくなり，地上部の同化物質が地上部の生長に消費されず塊茎の肥大，澱粉蓄積に向けられるものと思われる。これに加え塊茎の肥大生長はかなり生育後期まで認められるので，N, P, K, Ca 共に開花後と雖も良く吸収されているものであろう。従つて要素吸収量の推移については要素間の差異を明らかにし難いが，窒素と加里の形，燐酸と乾物量の形は幾分類似し，石灰は塊茎部での増加は少なく，個体全体としては生育の進むと共に増加するが，それは地上部の増加によるものであろう。要素吸収経過の特異性が水稲の如く明白に得られないのは，作物の本性によるものか或いは馬鈴薯の個体差が大き

くまたある程度の落葉は免れ難いため乾物量の測定に誤差が入つて来ることに基づくのか，なお検討の余地がある。

無機4要素の特異性という点から見れば，例えば吸収量が最大に達した黄変期における塊茎部の要素含有割合は石灰が僅かに7%に過ぎず，燐酸は最も高く85%，加里は75%とかなり高く，窒素は65%を示しているが，これは例えばCaOが体内での移動性の低いことと塊茎での代謝場面における要求度が低いことに基づくのでありP_2O_5，K_2Oは共に移動性が高く炭水化物代謝に関連をもつ要素という点から塊茎での肥大過程に強力に要求されるからであろう。またNは器官形成過程の蛋白代謝に要求されるのであるが，澱粉形成が優勢な段階に達するとNに対する要求度は当然低下してくる筈であつて，このためにNの移動率が概して低くなつているものと考えられる。

更に各部位での各要素の含有率を見ると生育時期によつて多少の変動はあるが，各要素の特性が考えられ，Nは同化の場である葉に著しく高く，茎，塊茎ではほぼ近似し，P_2O_5は茎で最も低く塊茎は概して高く葉と大差がなく，K_2Oは茎で最も高く，次いで葉の含量高く塊茎は最も低い。CaOは葉で最も高いが茎も大差なく塊茎は著しく低い。このことはそれぞれの器官の主導的生理機能と要素の生理的意義の関連を説明しているものであろう。例えば塊茎での澱粉形成におけるP_2O_5の重要性とか，茎葉組織の強化におけるCaOの重要性を示しているものといえる。更にK_2Oが茎に最も高く塊茎では最も低く，且つ，P_2O_5ほどには塊茎に移らないということは，K_2Oが糖の転流場面で重要な意義をもち，また同化作用の場としての葉の機能に対して重要なる意義を有しているもののように考えられる。しかしながらこれらの点は生育過程の炭水化物代謝等と関連して考察しなければならないと思われるので，この後の実験から考察を加えることとしたい。

要　　約

馬鈴薯の合理的施肥法を検討するための基礎資料を得んとして「男爵薯」を供試し，その生育段階における無機4要素の吸収経過と播種後の日数経過に伴う種子薯内の無機要素の推移を調査し次の結果を得た。

1.　地上部の乾物重量は開花期まで顕著に増大し，黄変期より著しく低下する。一方開花終からの塊茎部乾物重量の増加は最も著しい。

2.　Nは生育に伴つて含有率は低下し，葉>茎>塊茎の順に値は低い。吸収量は塊茎重量の増大に伴つて生育後期まで増大するが，地上部では開花期以後減少し，黄変期における塊茎部の含量は全体の65%である。

3.　P_2O_5も生育に伴つて含有率は低減し，葉>塊茎>茎の順に低いが，それらの開きは概して小さい。吸収量は塊茎の肥大に伴つて増加し，殊に塊茎部の含量増加は著しく，全体として乾物重量増加の推移と良く類似している。地上部は開花期以後低下する。黄変期の塊茎部中の含量は全体の85%となる。

4.　K_2Oは生育に伴つて幾分低減の傾向を示すが葉，塊茎での変動は少なく，茎では生育当初一時増大して9%に達するが，その後は漸次低下を示す。含有量は塊茎の肥大と共に生育後期まで増加し地上部は開花期以後低減するが，茎部含有量は他要素に比して大である。黄変期において塊茎の含有する割合は全体の75%である。

5.　CaOの含有率は生育に伴つて塊茎では幾分低下し，葉，茎では次第に上昇を示し，葉>茎>塊茎の順に低下するが，塊茎の含有率は著しく低く0.2%程度に過ぎない。従つて含有量は生育経過に伴つて上昇するが，大部分は地上部に含まれ，黄変期塊茎での含有量は全体の7%に過ぎない。

6.　新鮮物中の種子薯の要素含量は石灰を除いては日数の経過と共に殊に萠芽期頃から低減の度が大となり，水分，石灰含有率は上昇する。乾物中の含有率で簇生期後N，K_2O，CaO特にK_2OとCaOが急激に上昇している点は興味がある。

7.　簇生期1株中の要素吸収量は種子薯中に含有されたものとN，P_2O_5，K_2Oはほぼ等しく，CaOは約10倍に達し，種子薯中の含有率はN，P_2O_5，K_2Oは約$^1/_2$〜$^1/_3$に減じCaOは4倍に達している。これらの点から簇生期までは種子薯中の栄養素がかなり重きをなしているものと推察される。

本研究は前当場農芸化学科長，北海道大学農学部教授石塚喜明博士の御教示に依つて開始したものであり，御懇篤なる御指導，御鞭達に対し衷心謝意を捧げ

る。又実験遂行上御指導と御協力を頂いた農芸化学部長西潟高一技官，前肥料研究室長深井強技官，並びに圃場管理に御協力を仰いだ千葉慶悦，鳥上英雄両技官に深甚の謝意を表すると共に，分析の実施に当つて終始誠実な御協力を頂いた江原智恵子技官に対しても満腔の謝意を表する次第である。

引用文献

(1) 内田重義・田口啓作: 北海道農試彙報, 第 62 号 p. 1 (1943).

(2) 天間征: 北海道農試彙報, 第 67 号, p. 63 (1954).

(3) WILFARTH, H., H. RÖMER u. G. WIMMER: Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. Bd. 63, S. 1 (1906).

(4) WAGNER, H.: Zst. f. Pflanzenernähr. u. Düngung., A. Teil Bd. S. 232 (1933).

(5) CAROLUS, R. L.: Amer. potato Jour., XIV: p. 141 (1937).

(6) 今野順次郎: 北農, 第 4 巻, p. 425 (1939).

(7) 稲見五郎・佐藤健吉: 農·及園., 第 14 巻, p. 1733 (1939).

(8) HAWKINS, A.: Jour. Amer. Soc. Agron. Vol. 38, No. 8, p. 667 (1946).

(9) 野田昌也: 農·及園., 第 21 巻, p. 67 (1946).

Résumé

Irish Cobbler variety, one of the two main varieties of potato grown in Hokkaido, were cultivated under the field conditions, managing by custom treatment of Hokkaido Agr. Exp. Sta., and supplied with 400 *kan* of compost 8.0 *kan* of superphosphate and 5.0 *kan* of potassium sulphate per *tan*.

Date of sampling are as follows:

Designation	Days after planting	Dates		Growing stages
I	28	May	29	Just before emergence
II	35	June	5	Just after emergence
III	43	June	13	Primary leaves developing
IV	52	June	22	Begin of bud settling
V	67	July	7	Flowering
VI	89	July	29	About 10 days after flower ended
VII	105	Aug.	14	Leaves turned yellow
VIII	117	Aug.	26	Leaves dead
IX	124	Sept.	2	Leaves and stalks dead

At the 9 main growing stages above described, the writer took samples, washed out the adhering soil by tap water and separated into three portions, viz., leaf (including petioles), stalk and tuber. Then they were analyzed by usual methods for the purpose of estimation of their content of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium.

The results obtained are briefly described as follows.

1. Dry matter increased remarkably till the flowering stage in leaves and stalks and after the flower end in tubers.

2. The nitrogen content when expressed as per cent on dry matter basis, lowered gradually with the advance of growth stage of plants; the content was highest in leaf and lowest in tuber. Total amount of nitrogen in whole plant increased with the growing season but in leaves and stalks after the flowering stage the amount decreased. In tuber it increased till harvest. At 105 days after planting, namely, in stage VII, in tuber portion about 65% of the total nitrogen was contained.

3. The phosphorus content showed the same as nitrogen, the content in leaf was the highest, in stalks the lowest, although the differences were very small. Though the amounts in leaves and stalks decreased, they increased remarkably in tuber, as in whole plant the amount of phosphorus increased with advance of growing stages. In stage VIII, the content in tuber was 85% of the total phosphorus.

4. The potassium content was almost the same course as that of nitrogen and phosphorus, that is it lowered gradually with the advance of growing stages. But the content increased only in stalk in the early stage; at stage III it reached about 9%, and then decreased as occurred also in other portions. At stage VII in tuber

portion was contained about 75% of total amount of potassium.

5. The content of calcium differed from the other three elements. In the leaf and stalk the calcium content increased with the growing season, but conversely, the content of tuber decreased and showed a very low value. In stage VII, the calcium content in tuber was only 7% of total.

6. The content of inorganic elements in seed potato, when expressed as percentage on fresh weight basis, decreased with the growing season except only calcium.

At stage III, the amounts of nitrogen, phosphorus and potassium in whole plants were almost the same as showed in the seed potato at the planting and the calcium was as much as 10 times more than that of seed potato. On the other hand at stage III the percentage of nitrogen, phosphorus and potassium expressed on basis of fresh weight decreased to $^1/_3 \sim ^1/_4$ of their initial amounts and calcium increased to 4 times.

From these results it appears that for the potato growth, especially for the early growth stage until about stage III, the inorganic elements contained in seed potato are playing a significant rôle.

ムレ苗発生条件に関する研究

第1報　根の α-Naphtylamine 酸化力について

坂　井　　弘*　吉　田　富　男*

STUDIES ON THE CONDITIONS AFFECTING THE OUTBREAK OF PHYSICAL DAMPING OF RICE SEEDLINGS, SO-CALLED "MURENAE", IN FRAME NURSERY

PART I. OBSERVATION ON THE OXIDATIVE ACTIVITY OF ROOTS BY MEANS OF α-NAPHTYLAMINE OXIDATION

By Hiroshi Sakai and Tomio Yoshida

緒　　言

水稲の温冷床育苗法は現在では北海道の稲作に欠くことのできない育苗技術であるが，その大きな障害は屡々ムレ苗の発生によつて苗不足をきたすことである。ムレ苗の防止対策についてはかなり以前より試験研究機関において研究が始められており，ほぼ経験的には解決をみているが，理論的裏付についてはなお不明の点が多い。今までのところ大谷[9)10)]は温冷床苗の水分生理の特性に帰し，田中[14)]は床土の炭酸ガスの過剰と酸素の不足とをあげ，西潟ら[6)7)]は床土の pH の不適当なことを原因としているのが注目される。

著者らはムレ苗がよく培養された床土には発生しないことからみても，主な原因は土壌条件にあり，しかも発生以前から根傷みを生じていて，それが急激な葉面蒸散を契機としてあらわれるものと考えたが，この点を明らかにするためには根系の姿を観察すると同時に，根の活性度を何らかの形でみる方法が必要である。この方法についての予備実験の結果から，先に野本[8)]，山崎ら[16)]によつて行われている根の α-Naphtylamine 酸化力がムレ苗では著しく低下していることが認められたので，今回はこの方法をとり上げることとした。しかしてこれを量的に扱えるように定量法を見出すとともに，ムレ苗におかされることによつて根の酸化力が低下する理由について若干の実験を行い，考察を加えたが，ここにその結果をとりまとめて報告する。

* 農芸化学部土壌肥料第4研究室

供　試　材　料

「中生栄光」の種籾を食塩水（比重 1.08）にて塩水選した後，1000 倍ウスプルンにて消毒，数回水洗してから2日間水中に浸漬し，バットの川砂に播種し，ガラス室で育成した。実験には2葉末期乃至3葉後期の苗から出来るだけ生育の整一なものをその都度選んで使用した。従つて個々の実験の相互間で根の α-Naphtylamine 酸化量の絶対量を比較することが困難となることはやむを得なかつた。

実　験　結　果

I. α-Naphtylamine の定量法

元来亜硝酸の定量法として知られている Griess 法は[2)] α-Naphtylamine と Sulphanilic acid との混液により鮮紅色に発色させる比色定量法であつて，著しく微量でも定量が可能である。そこで一定量の亜硝酸を添加しておいて，逆に α-Naphtylamine を定量することを考え，検討を加えることとした。予め大体の試薬の使用量をおさえておいて後に次の確定試験を行つた。

1)　Sulphanilic acid 添加量と吸光度との関係

Sulphanilic acid 1 g を 30% 酢酸 100 cc に溶かし，亜硝酸ソーダと α-Naphtylamine とは 100 ppm の水溶液として用い，それぞれ 5 cc

を 100 cc のメスコルベンにとり，蒸溜水 50 cc を加えてから種々の量の Sulphanilic acid 溶液を加え，室温で5分間放置，発色させて後，蒸溜水を加えて 100 cc とし，光電比色計（波長 510 mμ）で 1 cm の cell を用い比色定量した。その結果は第1表に示したように 4 cc 位の添加量で充分であると認めた。

2） 亜硝酸ソーダ添加量と吸光度との関係

Sulphanilic acid 溶液の添加量を 4 cc とし，亜硝酸ソーダの 100 ppm 水溶液の添加量について上記とほぼ同様な方法で行つた。第2表の結果によれば 5 cc 位で充分と認められた。

3） α-Naphtylamine の濃度と吸光度との関係

5 ppm の α-Naphtylamine 溶液の種々の量をとり，これに上記の Sulphanilic acid 溶液 4 cc と亜硝酸ソーダ溶液 5 cc を加えて発色させ，α-Naphtylamine の濃度と吸光度との関係を求めた。第3表及び第1図に示すように 5 ppm 以上になると直線的関係よりはずれてくるが，4 ppm 以下の範囲で吸光度は α-Naphtylamine の濃度に比例することを認めた。従つて α-Naphtylamine は 4 ppm 以下の濃度で Sulphanilic acid と亜硝酸ソーダとの混液により鮮紅色に発色させて比色定量することが可能であることを知つた。

第1表 Sulphanilic acid の添加量と吸光度との関係
Table 1 Relation between amount of sulphanilic acid and extinction.

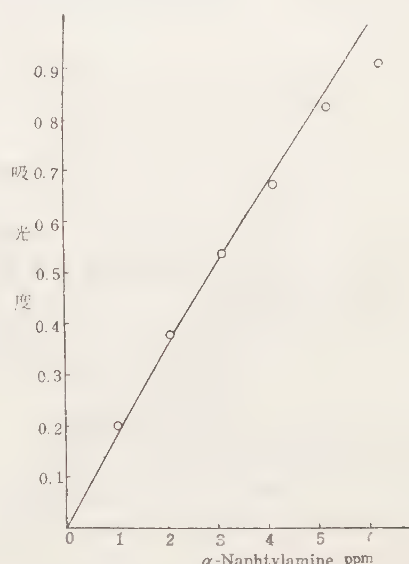
Sulphanilic acid cc	吸光度
1	0.44
2	0.65
3	0.82
4	0.83
5	0.83
6	0.82

第2表 $NaNO_2$ 添加量と吸光度との関係
Table 2 Relation between amount of sodium nitrite and extinction.

$NaNO_2$ cc	吸光度
1	0.41
2	0.68
3	0.72
4	0.79
5	0.83
6	0.83

第3表 α-Naphtylamine の濃度と吸光度との関係
Table 3 Relation between concentration of α-naphtylamine and extinction.

α-Naphtylamine ppm	吸光度
1	0.2[illegible]
2	0.38
3	0.54
4	0.68
5	0.83
6	0.92



第1図 α-Naphtylamine の濃度と吸光度との関係
Fig. 1 Relation between concentration of α-naphtylamine and extinction.

II. 根の α-Naphtylamine 酸化力測定法

従来根を 10 ppm の α-Naphtylamine 溶液に 48 時間浸漬し，観察しているが[15]，その方法について，更には酸化量を定量するためにも再検討を加えた。

1） 供試液量とα-Naphtylamine酸化量との関係

最初に液量をきめるために苗を 10 本，α-Naphtylamine は 10 ppm の溶液を用い実験を行つた。液量 200 cc までは 200 cc のビーカーを使用し，それ以上はそれぞれ 300 cc，400 cc のビーカーを使用した。苗を溶液に浸漬し，25°C の定温器内で 48 時間浸漬して後，蒸発した水分を補い，その 20 cc を 100 cc のメスコルベンにとり，2 ppm 以下の濃度にして比色定量を行い，別に苗を浸漬

していない Blank との差をもつて根が酸化した α-Naphtylamine の量とし，苗 1 本当で算出した。第 4 表に明らかなように概ね 200 cc 位で充分とみとめられた。もとより厳密にはこの液量は供試した程度の大きさの苗についのみ適用される値である。

第 4 表 使用液量と α-Naphtylamine 酸化量との関係
Table 4 Relation between volume of medium and α-naphtylamine oxidation.

使用液量	α-Naphtylamine 酸化量
cc	mg
50	0.055
100	0.103
150	0.124
200	0.158
300	0.154
400	0.151

2） 供試濃度とα-Naphtylamine酸化量との関係

次に α-Naphtylamine の入つている量としては同じであつても或る程度その濃度をあげて液量を減らす方が根による酸化に好都合であることも考えられるので，10 ppm 溶液 200 cc を基準にして検討を加えた。第 5 表の結果によると従来の方法よりも濃く，20 ppm 位が適当と認められた。これ以上濃くなると表に示した Blank の濃度の低下割合からみて，自働酸化が起きやすくなることが考えられる。また濃度の低い場合には液層が深くなることも影響してくると思われる。

第 5 表 供試濃度と α-Naphtylamine 酸化量との関係
Table 5 Relation between concentration of medium and α-naphtylamine oxidation.

培養当初の濃度	培養後の Blank の濃度	減少割合	液層の深さ	α-Naphtylamine 酸化量
ppm	ppm	%	mm	mg
5	4.97	0.60	—	0.132
10	9.70	2.98	70	0.158
15	14.29	4.76	48	0.172
20	18.45	7.73	35	0.173
30	25.97	13.69	24	[illegible]

3） 培養温度とα-Naphtylamine酸化量との関係

通常室温で実験しているが，定量の目的には温度が規定される必要があると思われる。そこで温度の変化と酸化量との関係を検討するため，それぞれ異つた温度で 2 日間培養した後酸化量を測定した。その結果は第 6 表に示す如くであつて，温度によりかなりの差異がみとめられ，その上昇によつて著しく促進される。従つて定量法としては培養温度を一定にすることが必要条件である。この場合 37°C の酸化量が最も多いのであるが，苗は培養中に著しく徒長し，また傷んだ根では腐敗の進行がはげしいことが認められるので，普通とりやすい温度である 25°C 位で差支えないと思われる。

第 6 表 培養温度と α-Naphtylamin 酸化量との関係
Table 6 Relation between temperature of incubation and α-naphtylamine oxidation.

培養温度	α-Naphtylamine 酸化量
°C	mg
10	0.081
[illegible]	0.094
25	0.107
37	0.135

4） 反応と α-Naphtylamine 酸化量との関係

SÖRENSEN の緩衝液を用いて pH の影響をみると第 7 表の如くであつて，当初の pH である 5.6 位が適当と認められた。なお根それ自身がかなりの緩衝能をもつているので反応は特に考慮する必要は認められない。

第 7 表 反応と α-Naphtylamine 酸化量との関係
Table 7 Relation between reaction of medium and α-naphtylamine.

pH	α-Naphtylamine 酸化量
	mg
5.3	0.084
5.6	0.094
6.2	0.092
6.6	0.088
7.2	0.070

5） 培養時間とα-Naphtylamine酸化量との関係

苗 20 本を用い，500 cc ビーカーに入れた 10 ppm の α-Naphtylamine 溶液 400 cc に浸漬し，表に示した時間毎に水分補正の上，苗 2 本とその 40 cc とをとつて酸化量を時間的に追つて行くと第 8 表のような結果が得られた。培養期間を 5 日間で限つてみると 48 時間までは著しく酸化量を増すが，その後も酸化は緩漫ながら進行の傾向にある。もとより根は生長を続けているものであり，酸化量は遊離の α-Naphtylamine があれば

第8表 培養時間と α-Naphtylamine 酸化量との関係
Table 8 Relation between time of incubation and α-naphtylamine oxidation.

培養時間	7時間	24時間	48時間	3日	4日	5日
α-Naphtylamine mg	0.057	0.14	0.217	0.258	0.292	0.308
酸化量 %	18.5	45.6	70.3	83.9	94.9	100.0

少しずつでも限りなく増加して行くものであろうから，長期間培養することは意味がなく，著しい酸化の終る48時間位が適当と思われる。

6） 根の空気よりの遮断の影響

上記のような酸化力の測定にあたつて容器の大きさや形によつて α-Naphtylamine 溶液の深さが異る場合，根に対する酸素の供給がかなり変つて来て，それが酸化に影響することが予測される。そこで根に対する空気の供給を極端に遮断した場合どの程度ひびくものかを確かめようとした。容器はビーカーの代りに 100 cc のコルベンを用い，20 ppm 溶液 100 cc を入れて苗 10 本を挿入し，水際を軟質のパラフィンで固定，且つ液面を被覆し，更にその上に蒸溜水をコルベンの口まで充して空気との遮断をはかり，且つパラフィン層の細孔を通じて下層の蒸散により不足する水分の補給に当てた。培養後は全液量を一定量に補正してから酸化量の定量を行つた。なおこの際比較のため水田土壌をビーカーにつめて湛水状態下で育成した同齢の苗も供試した。1 例としてあげた第9表

第9表 根の空気よりの遮断が α-Naphtylamine 酸化量に及ぼす影響
Table 9 Effect of stop of air supply to roots on oxidation of α-naphtylamine.

苗の種類	通気	α-Naphtylamine 酸化量 mg	%
陸苗		0.114	100.0
	遮断	0.100	88.0
水苗		0.130	100.0
	遮断	0.121	93.1

の結果によれば陸苗は根への空気の供給を遮断するときは約12%の酸化量の低下が認められたが，大部分は地上部から通導組織を通じて供給される酸素により酸化されることがみとめられた。水苗は更に外部からの根への直接の酸素の供給に依存する程度が低く，これは水苗の根の皮層細胞の配列状態，更には細胞間隙の発達に帰せられるものと思われる[3)]。これらのことから健全な苗であれば外部からの根への酸素の供給は酸化の著しい制限因子にはならないが，苗の性質によつては或る程度影響することが考えられる。従つて定量の目的には容器の大きさについても留意する必要があり，根が丁度つかる程度の溶液の深さになる大きさのものが望ましいと思われる。

7） 苗の処理の影響

今までの実験はすべて苗をそのまま供試して来たが，地上部の切断，更にはこれに胚乳摘去を併せ行つた場合の影響を調べてみた。第10表の結果によれば地上部の切断によりかなりの α-Naphtylamine 酸化力の低下がみとめられ，更に胚乳摘去が酸化を低める傾向にあることが明らかである。このような処理の影響は根の酸化力が地上部よりの酸素の供給に依存する程度が高いことと同時に，同化され，或いは貯蔵されている養分の供給停止も重要な原因になつているものと思われる。

第10表 苗の処理が α-Naphtylamine 酸化量に及ぼす影響
Table 10 Effect of treatment of seedlings on oxidation of α-naphtylamine.

処理	α-Naphtylamine 酸化量 mg
地上部切断	0.045
〃 胚乳摘去	0.041
無処理	0.183

以上の実験はいずれも2葉末期乃至3葉後期の苗で実施した結果であるが，苗10本を 200 cc ビーカー中に入れた 20 ppm の α-Naphtylamine 溶液 100 cc に浸漬し，48時間 25°C に培養することによつて根の酸化力を測定することが出来ることを明らかにした。苗が更に大きくなればそれだけ酸化量も多くなるであろうし，また切断した根についてみる場合のことを考えると，生根重当で使用液量をきめるのがよく，供試した苗 10 本の生根重は 0.24～0.36 g の範囲にあつたので，実験結果から概算してみて生根 g 当 20 ppm の α-Naphtylamine 水溶液 400 cc を使用すれば間に合うことになる。なお活性度の低下した根では培養中に腐敗が進行して酸化量が低下するので，こ

のような場合には今のところ他の薬物を使用するよりも塩酸を添加して培養液の反応を pH 5 以下まで下げる方法が無難であるが，そのために酸化量が幾分低目になることをまぬがれず，この点についてはなお検討を必要とする。

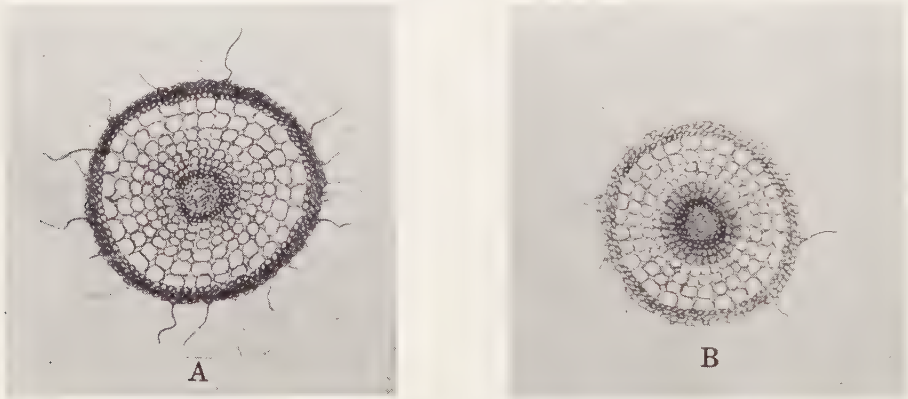
III. ムレ苗根の α-Naphtylamine 酸化力

琴似本場の苗代から採取し，流水で洗滌して土を出来るだけ取りのぞいた種々の性状の苗の α-Naphtylamine 酸化量を測定した。第11表の結果に明かなようにムレ苗におかされると著しく酸化力が低下することが認められたが，ムレ苗発生部の周辺にあつて鞘葉が茶褐色化し，草丈が幾分健全苗におとるものについてもすでに酸化力の低下が認められ，根の障害がムレ苗症状の発現以前

第11表　ムレ苗根の α-Naphtylamine 酸化力
Table 11　Oxidative activity of α-naphtylamine by "Murenae" roots.

苗の性状	α-Naphtylamine 酸化量 mg	%
健全	0.143	100.0
鞘葉茶褐色化	0.127	88.8
ムレ苗	0.082	57.3

において進行していることを確認した。これらの根の断面を切つてみると第2図に示したように健全根では表層の2層のみがつよく染着し，ムレ苗の甚だしきものでは全く染着部分がなかつたが，その中間の鞘葉の茶褐色化したものでは中心部のみが染着していることを認めた。



第2図　水稲の根の内部における α-Naphtylamine 酸化物の沈着状況
A.　健全な苗　　B.　軽度に根傷みを起した苗
Fig. 2　Mode of precipitation of oxy-α-naphtylamine in the root of rice plant.
A.　Healthy seedlings.　　B.　Slightly injured seedlings.

IV. 根の α-Naphtylamine 酸化の機作

ムレ苗におかされることによつて根の酸化力は著しく低下するものであるが，根の酸化の機作が明らかになればムレ苗発生の原因を知る上にきわめて好都合となる。しかして上記の実験結果から見ても根の酸化は単に根から出る酸素による直接酸化ではなく，根の代謝と密接的な関係にある複雑な内容をもつものと思われるので，かかる点について種々の面から検討を加えた。

1)　基質の種類

初めに各種の基質の 10 ppm の水溶液について根による酸化をみると第12表に見られるように，Naji reagent は数分たらずしてかなりの酸化がみられ，Pyrogallol がこれに次ぎ，他のものは1時間経つても殆ど変化がみられなかつた。ただ

第12表　各種の基質の根による酸化
Table 12　Oxidation of various kinds of substrates by roots.

基質の種類	培養1時間 $-H_2O_2$	培養1時間 $+H_2O_2$	培養24時間
Pyrogallol	+	+++	(±)
Hydroquinone	−	+	+
Naji reagent	++	++++	++++
Benzidine	±	+++	+++
α-Naphtylamine	−	+++	++
〃（磨砕物）	−	+++	−

Benzidine が健全な根の表層の一部分について殆ど瞬間的に青色の呈色をみとめたが，直ちに消失してしまつた。しかして24時間浸漬後観察すると Naji reagent は勿論, Benzidine, α-Naphtyl-

amineについても著しい酸化の進行が認められた。Pyrogallolは溶液自身が甚だしく変色したためその判定は困難であつた。H_2O_2 を添加するときはいずれの基質でも甚だしい酸化がきわめて短時間内に起つた。なお H_2O_2 を添加しないときには根の成長点の部分が常に染着せずに残つたが，H_2O_2 を添加するときはその部分がむしろ他の部分より濃く染着した。しかして α-Naphtylamine 酸化力の微弱なムレ苗についても同様のことが見られ，第13表に示すように H_2O_2 を加用するこ

第13表　過酸化水素を加用した場合のムレ苗根の α-Naphtylamine 酸化力

Table 13　α-Naphtylamine oxidation by "Murenae" roots when H_2O_2 are added.

苗の性状	α-Naphtylamine 酸化量	
	mg	%
健全	0.777	100.0
ムレ苗	0.632	81.3

とによつて酸化は著しく高められ，健苗の約81%に達し，H_2O_2 を加えなかつた場合の57.3%に比較すれば著しく高い値で，この酸化力は健苗に著しく近づいたものといえる。次に根の磨砕物は24時間の培養によつても殆ど α-Naphtylamine の酸化を起さなかつたが，H_2O_2 を添加すればきわめて速かに酸化が進行した。以上の諸実験の結果は α-Naphtylamine の酸化が根の組織の磨砕によつて破壊されやすい，過酸化物を供給する反応系と共軛していることを示すものであり，末端の反応は過酸化酵素の関与によると推定される。なお根の成長点の部分については過酸化酵素の活性は高いが，過酸化物を供給するような代謝が著しく微弱であるため培養しても染着することがないと解することができよう。

2)　炭素源添加の影響

さきに苗の地上部の切断及び胚乳の摘去が根の酸化力を低下させることをみたが，このことは地上部または胚乳からの養分の供給が酸化力の発現にとつて重要な役割をしているようにもみられるので，浸漬液に各種の炭素源を添加し，その影響を観察した。この場合は苗10本分の切取つた根を 100 cc のコルベンに入れ，炭素源を0.2%添加し，pH を 5.6 に矯正した 20 ppm の α-Naphtylamine水溶液50 cc を入れ，防腐のため2～3 滴のトルオールを浮べ，ゴム栓をして培養し，上述の方法によつて酸化力を測定した。この場合トルオールを入れすぎると α-Naphtylamine がその層の中に分別抽出され，そのための誤差が大きくなる。第14表に示した結果によれば，いず

第14表　炭素源添加が根の α-Naphtylamine 酸化力に及ぼす影響

Table 14　Effect of carbon sources on oxidation of α-naphtylamine by roots.

苗の性状	加用炭素源	α-Naphtylamine 酸化量	
		mg	%
健苗	Citric acid	0.095	106.7
	Glucose	0.095	106.7
	Soluble starch	0.094	105.6
	Sucrose	0.091	102.2
	Glycerin	0.091	102.2
	無添加	0.089	100.0
ムレ苗	Glucose	0.075	119.0
	無添加	0.063	100.0

れも根の酸化力を増進する傾向を示し，肉眼観察によつても明らかに色調の増加が認められるほどであつた。またムレ苗根もGlucoseの添加によつて酸化力が増したが，その増加割合はむしろ健全根にもまさる結果を示した。これらのことは添加した炭素源が何らかの形で根の組織の複雑な代謝系にもちこまれ，酸化力を促進したことを示すものと思われる。

3)　阻害剤の影響

そこで各種の特異的な阻害剤[11)12)]を用い，根の代謝系へ大気中の酸素が持ち込まれて α-Naphtylamine が酸化されるに至る酸化還元の過程を推定しようとして，苗そのままを用いるため予備試験で使用濃度を検討してから本試験を行つた。第15表の結果によれば，培養液に添加した阻害剤のうち重金属を活性基とする酵素を阻害する KCN, NaN_3, NH_2OH は 0.01 M で，NaF は 0.1 M の濃度でつよく作用し，Monojodacetic acid もかなりの阻害を示したが，ATP 形成を阻害するとされている Arsenate が 0.01 M でつよく影響し，糖の燐酸エステル化を抑制する 2, 4-Dinitrophenol が同濃度で，また広く脱水素酵素系を阻害する Ethylurethane が 0.1 M で相当の阻害を示した。また第16表に示したように Ethylurethane 及び NaF などを予め加えておけば Glucose 添加の酸化促進効果も殆ど抑制さ

第 15 表 阻害剤添加が根の α-Naphtylamine 酸化力に及ぼす影響

Table 15 Effect of inhibitory agents on oxidation of α-naphtylamine by roots.

阻　害　剤	濃度	α-Naphtylamine 酸　化　量	
	M	mg	%
KCN	0.01	0.003	1.5
NaN_3	0.01	微　量	—
NH_2OH	0.01	0.004	1.8
NaF	0.1	0.016	6.2
Monojodacetic acid	0.01	0.022	8.6
Sodium arsenate	0.01	0.063	24.5
α-(2, 4)-Dinitrophenol	0.01	0.146	56.8
Urethane	0.1	0.142	55.3
無　添　加		0.257	100.0

第 16 表 Glucose を加用した場合の根の α-Naphtylamine 酸化力の Urethane 及び NaF による阻害

Table 16 Inhibition of α-naphtylamine oxidation by urethane and sodium fluoride when glucose are added.

阻　害　剤	Glucose	α-Naphtylamine 酸化量	
		mg	%
Urethane	添　　加	0.057	79.2
	無　添　加	0.053	73.6
NaF	添　　加	0.054	75.0
	無　添　加	0.053	73.6
無　添　加	添　　加	0.089	123.6
	無　添　加	0.072	100.0

れてしまうことが認められた。

更に銅酵素の阻害剤であるチオ尿素の阻害効果を 10^{-1} M～10^{-4} M の範囲内で Pyrogallol と α-Naphtylamine の根による酸化について比較してみた。Pyrogallol の 0.5% 水溶液を用いて苗を 1 時間浸漬し，その液の色調の増加を測定すると第 17 表の如くであつて，Pyrogallol の根による酸化は短時間内に進行し，10^{-4}M で 50% を上廻る著しい阻害が明らかに認められた。他方長時間培養して始めて根によつて酸化される α-Naphtylamine の方は第 18 表に示したように 10^{-2} M 以上になつてはじめて著しい阻害が認められる程度で、チオ尿素による阻害は著しく低いとみることができる。

また CO の阻害を調べたが，予め根を入れた容器内を減圧にしてから，CO を導入して処理した

第 17 表 根の Pyrogallol 酸化に及ぼす Thiourea の影響

Table 17 Effect of thiourea on oxidation of pyrogallol by roots.

Thiourea の濃度	1 cm cell 吸光度 ([illegible] mμ) の増加	
M		%
10^{-1}	−0.011	−7.9
10^{-2}	0.008	5.8
10^{-3}	0.034	24.5
10^{-4}	0.059	43.1
0	0.139	100.0

第 18 表 根の α-Naphtylamine 酸化に及ぼす Thiourea の影響

Table 18 Effect of thiourea on oxidation of α-naphtylamine by roots.

Thiourea の濃度	α-Naphtylamine 酸化量	
M	mg	%
10^{-1}	[illegible]	[illegible]
10^{-2}	0.084	61.2
10^{-3}	0.118	86.1
10^{-4}	0.138	100.7
0	0.137	100.0

第 19 表 根の α-Naphtylamine 酸化に及ぼす CO の影響

Table 19 Effect of CO on oxidation of α-naphtylamine by roots.

処　　理		α-Naphtylamine 酸化量
		mg
無　処　理		0.196
減　圧　処　理		0.224
減圧 CO 処理	明所放置	0.223
	暗所放置	0.148

根について Glucose を添加した場合の α-Naphtylamine の酸化の光による賦活をしらべた。第 19 表に示したように，明所においては殆ど回復を示し，鉄酵素の特性を示していることが知られた。

4) H_2O_2 の検出

過酸化酵素が α-Naphtylamine の酸化に関与するとするならば過酸化物が多少とも根の中に存在していると考えられる。さきに Benzidine が健全な根の表面で殆ど瞬間的であるが，酸化されて鮮青色に呈色することを観察した。そこで切取つた根を少量の水と海砂を加えて乳鉢で磨砕してから，その粥状物を濾紙上に移して水をきり，固形部分と濾液について呈色反応により H_2O_2 の検出を試みた。[13] Benzidine の 30% 酢酸飽和溶液

を滴加すれば両者とも青色の呈色を認めたが，殊に固形部分で著しい呈色が現われた。ムレ苗根では濾液の呈色は殆ど起らず，わずかに固形部分で呈色するものが観察された。また *o*-Toluidine を少量の第一鉄塩を加えた pH 4 の酢酸緩衝液に飽和させて用い，ほぼ同様の傾向をみとめたが，その程度はかなり低かつた。次に沃度加里澱粉液を滴加して酸化により遊離した沃度による青色の呈色を調べたが，特に発育良好な苗の健全根についてのみ H_2O_2 の明らかな検出がなされた。

考　　察

ムレ苗の発生が土壌条件によるものならば，根の形態観察ばかりでなく，その活性度をみる必要がある。そのためには根の吸水力や吸肥力をはかり，或いは呼吸をはかることも考えられるが，これらの方法は地上部の影響をうけ易く，また根の損傷，土の附着等のため測定が困難である。α-Naphtylamineの酸化力は比較的そのような煩らわしさがなく，簡単であつて，しかもはつきりした差異がみとめられる利点をもつている。従来この方法は野本[8]，山崎[16] らによつて行われているが単なる観察に終り，定量化されないために微小な変化をはかり得なかつたし，実験条件も一定でなかつた。著者らは根の α-Naphtylamine 酸化量の定量法を見出したが，この方法によつて検討した結果ムレ苗として認められなくても，根の酸化力がかなり低下しているものがあることが判明した。ところで α-Naphtylamine の根による酸化はもとより単なる酸素による直接酸化や酸化酵素による酸化ではなく，酸化にかなりの時間を要することからもその間の根の代謝と密接な関連をもつものと考えられる[15]。しかして阻害剤の影響について，この酸化はKCN, NaF, NaN_3, NH_2OH 及び Monojodacetic acid などの，重金属を活性基とする酵素の阻害剤で著しく抑制され，しかも Thiourea や明所での CO による阻害が少ないことから鉄酵素の関与が想定されるが，ことに H_2O_2 の添加によつて酸化は著しく促進され，培養しても何等酸化力を示さない磨砕物でも同様な効果があることは酸化の原動力が過酸化酵素に属することを示すものと考えられる。更に Benzidine の水溶液に健全な根を浸漬するときはその一部の表層でほとんど瞬間的に鮮やかな青色の呈色があらわれて後，直ちに消失し，濃厚な酸化物の染着には α-Naphtylamine と同様かなりの時間を要し，また根の磨砕物については Benzidine 及び *o*-Toluidine の酸化が直ちに起り，しかも KI を酸化して沃度を遊離することなどから H_2O_2 の存在が検出された。しかしてムレ苗には H_2O_2 の存在は殆ど認められないが，検出されても微弱であつた。また糖類などの添加は酸化を促進するも，Ethylurethane, α-(2, 4)-Dinitrophenol 及び砒酸塩はこれを阻害し，磨砕して組織を破壊したものは糖を加えても酸化の進行が著しく低下することから，糖類，有機酸などが根の組織の複雑な反応系にとり入れられて解糖作用をうけて，脱水素酵素系の基質として役立ち，その結果生じた H_2O_2 が過酸化酵素の作用によつて α-Naphtylamine を酸化するものと推定した。このことは従来酸素の分泌によるとされている水稲根の Fe^{++} の酸化機構について新しい示唆を与えるものであろう。

THEORELLによると植物体には過酸化物がかなり多く含まれ，皮層の近くで合成されるが，その量は細胞内の O_2 の量をはるかに上廻るという[1]。また KENTEN, MANN[4,5] らは或る種の植物の抽出物が Mn^{++} の酸化を H_2O_2 を供給することによつて触媒することをみとめ，ついで多数の H_2O_2 を生成する酵素系が過酸化酵素系と共軛して Mn^{++} を酸化し得ることを明らにしたが，更に植物組織中には α- オキシ酸オキシダーゼが広く分布し，その作用の結果生ずる H_2O_2 が過酸化酵素の作用により多数の物質を酸化することを報告していることが注目される。しかして H_2O_2 の添加によりムレ苗はその根の過酸化酵素の力価が健苗の 80 数%にもなり，また糖の添加による酸化の増加割合の大きいことからみても，α-Naphtylamine 酸化力の低下は主として基質の有効量と脱水素酵素系の活力によるものと考えられる。勿論ムレ苗は根の組織の大部分がすでに壊死して，二次的に腐敗を起しているが，ムレ苗の周辺にあつて鞘葉が茶褐色化した苗などについても α-Naphtylamine 酸化力に明らかな低下がみられることから，組織の壊死や腐敗以前に根の活性が低下する傾向にあると推定して差支えないと思う。また種々の苗の根の組織の横断面をつくつて，oxy-α-Naphtylamineの染着状況を観察すると，外層より活性

がおちて行く過程がみとめられ，山崎[16]の報告する苗の湿害にかかつた根の性状とよく類似している。しかして根の基質酸化の強さが衰えたことは炭素源の無効な消耗と更には地上部よりの補給がないことを意味するとするならば，そのことは不良な土壌条件殊に畑作物の湿害の場合と同様に土壌の酸素圧の著しい低下を示しているとみられる。従つて今後は苗が密生している苗代の床土中の酸素の消長について検討を加える必要があると思われる。

摘 要

ムレ苗の発生は土壌条件の不良によつて根傷みが生じ，そのため急激な葉面蒸散を契機として起るものと考えられる。この過程を明らかにするためには，苗床の根の活性度を調査する必要がある。今回著者らは根の α-Naphtylamine 酸化力について若干の実験を行い，その結果に基きムレ苗発生の原因について考察を加えた，

その結果を要約すれば次の如くである。

1. GRIESS 法を応用して α-Naphtylamine を定量する方法について述べた。

2. 水稲の苗の根の α-Naphtylamine 酸化力を検定するに必要な条件を決めた。即ち 2～3 葉の苗 10 本を 20 ppm の α-Naphtylamine の溶液 100 cc に浸漬し，25°C で 2 日間培養する。この際培養液の反応を特に調整する必要はない。

3. 根の α-Naphtylamine 酸化は徐々に進行し，比較的長く培養すれば顕著な酸化が起つたが，その磨砕物はもはや酸化力を失つた。しかしながら H_2O_2 を添加すれば根そのままでも，磨砕物でも著しい酸化が起つた。

4. 苗の根はムレ苗におかされなくても，その根傷みの程度に従つて α-Naphtylamine 酸化力が低下した，

5. 炭素源（糖類など）を加えると根の酸化を増進したが，酸化の増加割合は健苗よりもムレ苗の根でやや高かつた。

6. KCN, NH_2OH, NaN_3, NaF 及び Monojodacetic acid は根による α-Naphtylamine の酸化をつよく阻害し，Urethane, 砒酸塩及び α-(2, 4)-Dinitrophenol もかなりの阻害を示した。しかしながら Thiourea や明所における CO の阻害は殆どみとめられなかつた。

7. Benzidine の酸化は健全な根の表面の一部で，殆ど瞬間的ながらみとめられた。更に根の磨砕物は Benzidine や o-Toluidine の明らかな酸化を示し，KI を酸化して沃度を遊離して，H_2O_2 の存在を示した。

8. 以上の結果から α-Naphtylamine の根による酸化は過酸化酵素系に H_2O_2 を生成する酵素系が共軛して起ることが明らかである。それ故ムレ苗の根の酸化力の低下は根が腐敗を起す以前に不良な土壌条件によつて無効なエネルギーの消耗が起るためと推察される。

本稿の終りに当り，終始懇篤な指導を賜わり，且つ御校閲をいただいた当場農芸化学部長西潟高一技官に深甚なる謝意を表する。

なお本報の一部は昭和 29 年 11 月 27 日日本土壌肥料学会北海道支部大会において報告したものである。

参 考 文 献

1) 赤堀四郎: 酵素研究法 2, 341 (1956)
2) 船引真吾・青峰重範: 土壌実験法 80 (1953)
3) 原島重彦: van Breda DE HAAN 稲体の解剖記載 54 (1911)
4) KENTEN, R. H. and MAAN, P. J. G.: Biochem. J. 52, 125 (1952)
5) ——: Biochem. J. 52, 130 (1952)
6) 西潟高一・今野[illegible]・長沼祐二郎: 北海道農試彙報, [illegible], 17 (1954)
7) 西潟高一・今野[illegible]: 北海道農試彙報, 70, 77 (1956)
8) 野本亀雄・石川昌男: 土・肥・雑., 20, 66 (1950)
9) 大谷義雄: 生物 1, 212 (1946)
10) ——: 寒地農学 1, 4 (1947)
11) 坂口謹一郎・植村定治郎: 酵素 19 (1949)
12) 坂口謹一郎・朝井勇宣: 酵素 101 (1953)
13) 柴田雄次: 無機化学全書（酸素族，酸素）182 (1954)
14) 田中一郎: 札幌農林学会報 35, 3 (1942)
15) 山田登・猪山純一郎: 農及園., 30, 1283 (1955)
16) 山崎伝: 農業技術研究所報告 B. 1, 52 (1952)

Résumé

It is considered that physical damping of rice seedling, so-called "Murenae", breaks out as a result of abrupt transpiration from leaves and stems when the roots of seedlings have been injured under unfavorable soil

conditions of frame nursery.

To clarify these processes, it is very important to investigate the activities of roots in seed bed.

In this paper is presented an account of some experiments on the oxidative activity of roots using α-naphtylamine and also a discussion about the cause of "Murenae" outbreak.

The results of the experiments are summarized as follows:

1. A method for the quantitative estimation of α-naphtylamine by means of a modification of GRIESS' method was discussed.

2. The factors necessary to determine α-naphtylamine oxidation by roots were decided. Ten seedlings having 2 or 3 leaves were immersed in 100 cc of 20 ppm α-naphtylamine solution and incubated at 25°C for 2 days. In this case it is unnecessary to adjust the reaction of culture medium.

3. The α-naphtylamine oxidation by roots proceeded gradually, and distinct oxidation was observed after incubation was continued for one or two days.

When the roots were ground, they did not show any change in α-naphtylamine oxidation, whereas there could be seen vigorous oxidation in either roots themselves or in their bray when H_2O_2 was added to the culture medium.

4. The oxidative activity of α-naphtylamine by roots of seedlings was gradually lowered, as their roots were caused to deteriorate in seed bed, even if such seedlings did not suffer from "Murenae".

5. When carbon sources (sugar etc.) were added to the system, α-naphtylamine oxidation increased, and then the rate of oxidation showed a tendency to rise higher in "Murenae" roots than in healthy ones.

6. KCN, NH_2OH, NaN_3, NaF and monojodacetic acid were strong poisons for α-naphtylamine oxidation by roots. Urethane, arsenate and α-(2,4)-dinitrophenol also exerted some influence upon oxidation. However, this oxidation was not much inhibited by thiourea and CO in light.

7. Benzidine was slightly oxidized over a part of the surface of healthy roots though blue colour of oxy-benzidine soon disappeared.

Besides, the raw root bray showed distinct oxidation of benzidine and o-toluidine, and they also oxidized KI and released iodine in the presence of H_2O_2.

8. It was presumed that α-naphtylamine oxidation is brought about by coupling enzyme system producing H_2O_2 in the peroxidase systems. Therefore, the decline of α-naphtylamine oxidation in "Murenae" affected roots seemed to be attributed to unfavorable soil conditions in which the energy consumption took place before roots were destroyed by microbes.

十勝地方における畑地灌漑

西潟高一* 伊藤邦男** 池 盛重**

STUDIES ON FIELD IRRIGATION IN TOKACHI AREA

By Takaichi NISHIKATA, Kunio ITO and Morishige IKE

I 緒　　論

畑地灌漑は乾燥地帯の農業経営上必要欠くべからざるものとして古くから広く実行され，しかもそれぞれの立地条件に即応して各種の灌漑方式が取られている。元来陸稲生産地帯においてまず関心が持たれて各種の試験が行われ，その効果の顕著なことから，次第に他の作物まで行われるに至り，灌漑実施面積は次第に増加し作物の増収，経営の安定に寄与している場合も少なからず報告されている[1)~6)]。一方北海道においては未だに実用化の段階に達しておらず，僅か二，三の地帯において試験が実施されているにすぎないもので，それぞれの試験個所においては相当の効果も見受けられるが，本道全般に亘りこの可能性に対して簡単に判定を下すことは出来ない。偶々十勝総合開発の一環として無水地帯の水利用問題が取り上げられ，同地帯における畑地灌漑の効果についての検討を要請されるに至つた。よつて十勝火山性土地帯における畑地灌漑の基礎的資料を得るため一，二の試験を行つたので，ここに調査の結果を取りまとめて報告する。

なお本試験は北海道開発局官房調査課よりの依託によつたもので，試験実施にあたり多大の援助を得た。記して感謝の意を表する。

II 実験方法

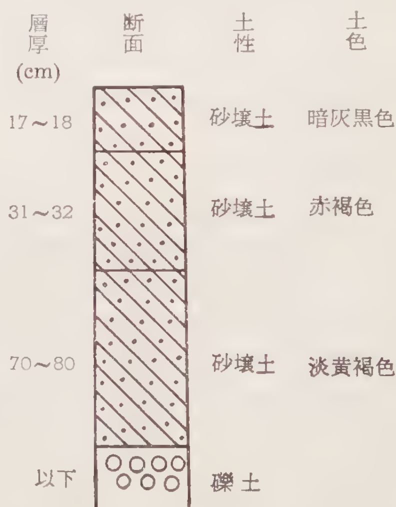
1. 試験実施場所　河西郡大正村字幸震火山灰地研究室圃場

2. 試験区別　灌水区と無灌水区に分けてこれに標準施肥及び5割増施肥の両区を設けた。1区6坪3連制，第1区灌水標準肥料，第2区灌水増肥，第3区無灌水標準肥料，第4区無灌水増肥

3. 供試作物及び品種　春播小麦「春蒔小麦農林29号」，馬鈴薯「紅丸」，大豆「十勝長葉」，牧草（チモシー），各作物の標準施肥量及び管理は研究室慣行法によつた。

4. 灌水方法　地下水を水源としてタンクに揚水，貯水し所定量を畦間に灌水した。灌水量は1日 4 mm の割合で 5 日目毎に 20 mm とし前回の灌水時後，降雨があつた場合には降水量を控除して灌水した。

5. 試験圃場　表土の厚さは場所により多少変動が見られるが，表層 17~18 cm は軽鬆な火山性土である。土層断面は 第 1 図に示す如くで，土層を I~III 層に分け A.S.K. 法によつて機械分析を行つた結果は第 1 表の如くである。



第1図　土層断面
Fig. 1 Soil profile.

6. 降雨量と蒸発量　十勝地方は全国でも雨の少ない地方で，特に5~6月には降雨少なく，気温の上昇に伴つて著しく乾燥し，また気温は比較的低めであるが雨が少ないために，蒸発量が比較的多く風が強い等畑に水が不足している条件を備え

* 農芸化学部　** 同火山灰地研究室

第 1 表　機械的組成
Table 1　Mechanical composition.

深　度	粒　径　mm (%)			
	2.00～0.25	0.25～0.05	0.05～0.01	0.01>
I. 0～18cm	43.8	24.0	14.2	18.0
II. 18～50cm	15.6	52.1	18.6	8.2
III. 50cm<	23.5	45.1	24.0	8.4

ているといわれているが[7]，事実幸震における過去10箇年間（昭和21～同30年）の気象経過を，当研究室の資料より見ると，年間降水量は大体約900～1100 mm で，作物の生育期間の5～8月の4箇月間の降雨は年降水量の約30～40%を示し，連続無降雨日数は5～7月に多く且つ風が割合に強く蒸発量と降水量との関係等から乾燥状態の発現が多いことが推察される。なお降水量及び蒸発量を第2表に示した。

III　試験結果及び考察

各年の降雨状況は第 3 表に示す如く，昭和 28 年は気象条件が灌漑試験には適当でなく牧草に僅か 1 回の灌水を行つたのみで終り，29 年は 8 月に入つて少々降水量が多かつたが生育初期にはやや乾燥が続いたので，各作物とも 150 mm 程度の灌水を行つた。昭和 30 年は降雨が比較的平均に分布し気象の推移も概ね順調に経過し，春播小麦 70.1 mm，馬鈴薯 88.3 mm，牧草 34.7 mm，大豆 93.2 mm の灌水を行つて収穫を終えた。

各作物の生育状況及び収量調査については，昭和 28 年は前述の如き理由からこれを除き，昭和 29 年及び同 30 年の 2 箇年間を第 4 表に示した。作物に対する灌水の効果は，作物の種類により異ることは当然であるが，更に作物の水分要求時期と降雨の状態，これに関連して灌水の時期と

第 2 表　降水量と蒸発量（昭和 21～30 年）
Table 2　Precipitation and evaporation at Koshin experimental farm. (1946～1955)

項　目	昭. 21	22	23	24	25	26	27	28	29	30 年
年降水量 (A)mm	972.1	1113.5	976.2	1134.7	966.8	1079.7	804.3	1081.4	835.4	1557.9
5～8月降水量(B)mm	183.4	329.6	403.[illegible]	253.1	318.6	403.8	370.4	558.3	328.5	563.5
B/A×100%	19	30	41	22	33	37	46	52	59	38

項　目	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
降水量 mm	87.56	79.91	94.49	109.61	161.22	116.2
(昭和 21～30 年 10 箇年平均)						
蒸発量 mm	114.08	102.02	106.16	104.1	72.95	50.92
(10 箇年平均)						
降水量/蒸発量 ×100	76%	78	89	100	220	230

量等に支配されることは明らかである。本試験においてはかかることを明らかにし得なかつた点があり急速に判断を下すことは困難であるが，3 箇年を通じて増収の傾向が見られたのは牧草のみである。元来牧草の水分要求の程度は他作物に比較して多いものであることが知られているが本実験の結果からもこのことが窺えることである。他の作物については施肥量の増加の影響が顕著に認められるのみで，灌水による効果には明確な傾向が認められなかつた。

十勝地方の火山性土は保水力が強いために，比較的乾燥年においても旱害を蒙ることは少ないといわれている。春季の乾燥期においてしばしば風害を蒙つているが，かかる状態においても乾燥，飛散するのは表層の極めて薄い部分である。このように土壌水分保持力の大なること並びに灌水により地温の上昇をさまたげるおそれのあることが当地方において畑地灌漑実施の際の問題となる点である。かかる点を明らかにするために灌水によ

第 3 表 各年の降水量 (5～8 月)

Table 3 Precipitation of every year (from May to August).

調査時期		昭和 28 年 (1953)			昭和 29 年 (1954)			昭和 30 年 (1955)		
		降水量	降水回数	総灌水量	降水量	降水回数	総灌水量	降水量	降水回数	総灌水量
		mm		mm	mm		mm	mm		mm
5 月	上旬	0.2	1		15.7	4	春播小麦	62.4	5	春播小麦
	中	24.2	6	牧草	2.7	1	151.9	71.3	5	70.1
	下	68.2	10	12.5	36.0	6	馬鈴薯	137.9	9	馬鈴薯
6 月	上	70.5	10		59.9	4	151.2	5.5	1	88.3
	中	1.0	1		10.1	5	牧草	22.4	5	牧草
	下	32.0	3		18.2	2	152.0	30.0	7	34.7
7 月	上	150.9	10		5.2	4	大豆	25.9	4	大豆
	中	25.2	5		0	0	150.0	12.0	3	93.2
	下	36.6	8		32.7	8		47.9	5	
8 月	上	31.3	10		74.2	5		19.1	3	
	中	26.7	10		66.9	5		57.3	7	
	下	32.1	5		6.9	5		71.8	10	

第 4 表 生育及び収量調査

Table 4 The results of the growth and yield.

春播小麦 Wheat (1954 年)

区名	生育調査							収量調査 (1 区当)			
	45 日目 30/VI		出穂始 14/VII		成熟期 30/VIII			総重量	茎稈重量	子実重量	1 l 重量
	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	穂長				
	cm	本	cm	本	cm	本	cm	kg	kg	kg	g
No. 1	47.7	49.1	80.4	45.0	125.6	41.3	8.5	8.000	4.600	2.696	761
No. 2	50.6	55.5	86.4	47.6	131.5	50.1	8.7	10.234	6.234	3.314	755
No. 3	47.5	45.0	78.8	42.3	123.2	40.0	8.4	7.834	4.634	2.684	762
No. 4	48.0	49.6	83.7	46.0	126.3	43.0	8.9	8.700	5.200	2.854	758

同 ditto (1955 年)

区名	生育調査							収量調査 (1 区 4.5 坪当)			
	45 日目 2/VII		出穂始 7/VII		成熟期 10/VIII			総重量	茎稈重量	子実重量	1 l 重量
	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	穂長				
	cm	本	cm	本	cm	本	cm	kg	kg	kg	g
No. 1	64.9	52.3	75.5	43.0	115.4	44.0	8.8	5.583	3.591	1.975	728
No. 2	69.6	66.3	73.9	53.0	121.5	55.0	9.4	6.035	3.913	2.068	717
No. 3	67.0	51.6	74.4	43.0	117.7	48.0	8.7	5.593	3.647	1.907	725
No. 4	69.4	58.7	73.8	47.0	117.0	48.0	8.9	6.277	3.940	2.088	718

備考 No. 1 .... 灌水標準施肥区　No. 2 .... 灌水 50% 増施肥区
No. 3 .... 無灌水標準施肥区　No. 4 .... 無灌水 50% 増施肥区
数字は各作物共 3 区の平均値

馬鈴薯 Potato (1954 年)

区名	生育調査						収量調査 (1 区当)					
	45 日目 1/VII		開花始 20/VII		開花終 31/VIII		総個数	総重量	大薯	中薯	小薯	屑薯
	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数						
	cm	本	cm	本	cm	本		kg	kg	kg	kg	g
No. 1	10.5	3.5	46.0	4.1	55.9	3.3	409	27.282	1.600	7.533	17.566	583
No. 2	12.7	3.3	54.6	3.7	63.6	3.3	560	39.407	2.530	12.300	23.896	681
No. 3	11.9	3.9	49.6	4.3	58.1	3.3	508	28.279	1.370	9.870	16.438	601
No. 4	13.0	3.5	52.9	4.7	56.6	4.0	585	36.129	2.603	8.733	24.040	753

同 ditto (1955 年)

区名	生育調査				収量調査 (1 区当)					
	45 日目 3/VII		開花始 13/VII		総個数	総重量	大薯	中薯	小薯	屑薯
	草丈	茎数	草丈	茎数						
	cm	本	cm	本		kg	kg	kg	kg	g
No. 1	21.7	3.3	51.1	4.2	376	25.384	4.012	11.200	9.817	355
No. 2	21.3	3.3	54.6	4.6	400	26.858	3.222	13.533	9.783	320
No. 3	19.3	3.0	50.8	4.1	368	23.192	2.163	10.533	10.183	313
No. 4	21.5	3.3	55.5	4.0	409	27.359	2.982	12.917	10.933	527

牧草 Timothy (1954 年)

区名	生育調査		収量調査 (1 区当)
	出穂始 22/VI	開花期 20/VII	生草重量
	草丈	草丈	
	cm	cm	kg
No. 1	86.0	142.4	38.617
No. 2	103.8	150.4	54.233
No. 3	92.4	154.5	46.383
No. 4	98.9	149.3	48.583

同 ditto (1955 年)

区名	生育調査		収量調査
	出穂始 26/VI	開花期 13/VII	生草重量
	草丈	草丈	
	cm	cm	kg
No. 1	73.5	130.9	22.000
No. 2	79.3	133.8	24.560
No. 3	68.6	112.2	18.520
No. 4	75.9	121.7	21.820

大豆 Soy-bean (1954 年)

区名	生育調査			収量調査 (1 区当)			
	開花始 19/VIII	収穫期 27/X		総重量	茎莢重量	子実重量	粃重
	草丈	草丈	分枝数				
	cm	cm		kg	kg	g	g
No. 1	37.6	55.6	2.3	4.000	2.166	800	20
No. 2	40.8	61.8	3.7	4.546	2.366	980	18
No. 3	40.1	55.2	3.0	3.396	1.800	696	14
No. 4	44.5	61.2	3.7	4.800	2.366	1.100	22

つて土壌水分及び地温に如何なる影響を与えるかを知るために各時期にそれぞれの測定を行つた。

土壌水分は表土（0～5 cm），（5～10 cm），（10～15 cm）及び下層土について調査した。その結果

大 豆 Soy-bean (1955 年)

区 名	生育調査 開花始 1/Ⅷ 草 丈	収穫期 24/Ⅹ 草 丈	分枝数	収量調査 (1 区 4.5 坪当) 総重量	茎莢重量	子実重量	粒 重
	cm	cm	本	kg	kg	kg	g
No. 1	47.9	56.6	3.3	4.463	2.385	2.050	17
No. 2	50.3	60.4	3.3	4.696	2.513	2.103	15
No. 3	44.4	53.4	3.3	4.045	2.138	1.947	13
No. 4	48.2	56.8	3.7	5.033	2.663	2.308	15

は第 5 表に示す如くである。

土壌水分の消長はその年の気象要素，特に降水量と蒸発量によつて著しく左右されることは明らかであるが，土壌水分を測定した結果から見ると次の如くになる。さきに述べた如く秋季は降水量が蒸発量よりも多く湿潤状態を示していると考えられるが，この時期における水分含量は表土 27～30% を示し，下層土 42～44% となつている。11 月下旬から土壌の凍結が起り凍結層は次第に発達し土壌中に水分の集積が起つてくる。翌春 4 月中頃から融雪と共に凍結層は次第に融解して来るが，4 月上旬の凍結層が多少存在している時期においては表土の融解部は 40～43%，下層土 35～36% となり，完全に凍結層の消失した 4 月下旬に至り表土 29～30 % 下層土 43～45 % 前後となり土壌は湿潤状態を示していた。5 月中旬以降 6 月にかけて本地帯は所謂乾燥期に入るものであるが，この年では曇天が多くきわめて著しい乾燥状態を示すに至らなかつたが，7 月上旬に至り漸く晴天となり乾燥状態を示し，1 週間内外の日照が続くと地表は白く乾燥して来る。即ち，10～14 日の連続晴天によつて白く乾燥した層の深さが 2 cm 程度になる。この時の水分状態を測定して見ると地表 0～5 cm の部分は 5～6 % となり著しく水分が減少し，地下 5～10 cm では 20～22%，10～15 cm 附近では 22～23% を示しているが下層土においては 38～40% で地上部の乾燥の影響は殆ど現われていない。従つてかかる程度の乾燥によつては作物に対しての悪影響は全く見られなかつた。

第 5 表 耕土に於ける土壌水分の変化 (1954 年)

Table 5 Variation of soil moisture in the surface soil and subsoil (1954).

調査月日	土壌水分 (%) 0～5 cm	5～10 cm	下層土	調査月日	土壌水分 (%) 0～5 cm	5～10 cm	10～15 cm	下層土
Ⅳ. 12		43.6	35.2	Ⅶ. 14	7.5	22.6	23.3	
14		40.0	36.3	15	7.9	24.0	24.2	
16		40.0	37.3	16	5.3	22.7	23.3	
20		29.1	39.1	17	5.0	23.3	23.9	
22		28.0	37.9	19	7.0	19.4	22.9	40.0
24		30.6	44.2	20	6.0	24.6	24.5	39.0
26		27.8	36.2	21	5.5	20.6	20.4	38.5
Ⅴ. 24		21.7	40.9	Ⅸ. 11		28.1		42.7
26		26.9	39.4	15		27.8		43.4
29		29.7	40.0	20		27.1		43.7
31		27.9	41.3	28		27.4		41.7
Ⅵ. 12		25.6	42.7	Ⅹ. 4		30.6		46.0
14		25.4	40.2	9		27.7		44.3
19		25.3	37.5	15		29.3		43.4

結局気象条件による土壌水分の変化は地表に最も著しく，その及ぼす範囲は 10～15 cm 内外であつて下層土の水分含量には大きな影響を及ぼさないことが知られた。次に灌水によつて土壌水分が増加することは当然考えられるところであるが，灌水後に示される土壌水分の分布状況を見ると第6表及び第7表に示した如くである。即ち灌水によつて明らかに土壌水分含量が増加するが，この場合最も著しく水分量が増加するのは地表部分であつて，下層土に進むに従い灌水区との差は縮少せられ下層土に至つては殆ど差は認められなくなる。更に灌水後の時間的推移を見ると 15 cm の部分まで灌水の影響が比較的短時間にあらわれ，表層は5時間内外で灌水前の水分と大差なくなるが，下層土は 48 時間に至るも，なおその効果が幾分持続していることが知られる。このことは火山灰土の透水性の良好なことと同時に保水力の大なることを示しているものと考えられる。本地帯において作物に対して水分補給の面を考慮するならば，表層よりも下層の水分保持に意味のあるものと考えるべきであろう

第 6 表　土壌水分の垂直分布 (1955 年)
Table 6　Vertical distribution of soil moisture (1955).

調査月日	深　度	灌 水 区	無灌水区
	cm	%	%
9/VII	0～ 2	33.0	14.7
	2～ 5	32.5	22.7
	5～10	32.6	29.7
	下層土	40.0	38.3
13/VIII	0～ 2	25.4	17.1
	2～ 5	25.7	25.9
	5 - 10	27.8	25.9
	下層土	39.1	40.2

備考　7 月 9 日 15.3 mm 灌水
　　　7 月 11 日　7.7 mm 降雨

次に述べるように当地方における畑地灌漑の問題点の一つとして灌水による地温の低下とその影響が取りあげられる。本実験に使用する地下水の温度は 8～9°C であつて，たとえ貯水槽で温度の上昇を計つても充分なものと考えられないので，灌水後の地温の変化を測定した。即ち 1955 年， 各作物別に灌水区， 無灌水区の地下 10 cm 及び 30 cm における半旬別平均値は第 8 表の示す如く，いずれの場合でも殆ど変化は認められない程度である。しかし地温に及ぼす灌水の影響を更に詳細に見るために，夏季 7 月の灌水後に見られる地温の時間的変化を測定し，更に秋季 9 月の夜間に示される地温の変化を見ると第 2 図 a, b に示した如くで，夏季生育最盛期において灌水による地温の低下は極めて顕著である。しかもその差は表層に著しく下層に至るに伴つて少なくなつている。即ち灌水当日の両区の差は外気温度の上昇に伴い次第に著しくなり，表層においては 10°C 余りの差が見られるに至つた。 地下 5 cm の部分においてすら 2°C 内外の差が見られた。更に灌水翌日に至ればその差は比較的少なくなり，表層において 5～8°C 地下 5 cm においては 1.0～1.5°C となつており，地下 10 及び 30 cm に至れば両区の差は極めて僅かとなり殆ど問題にする程度のものでない。更に秋季に至れば外気の温度が著しく低下するが，灌水によつて温度の低下は抑えられ灌水区において 2°C 内外高くなつている。 地下 30 cm では両区の差が殆ど見られない。作物の生育に最も高温を要する夏季において灌水によつて温度の低下を来たすことは明らかであつて，地温の低下が作物の生育に如何なる影響を与えるかについては作物の生育のための最適地温と関連して更に研究されなければならない点があると思われる。

更に灌水により土壌の性質が如何に変化するか

第 7 表　土壌水分の時間的変化
Table 7　Variation of soil moisture by time.

深　度	灌 水 前	灌 水 直 後	1 時 間	3 時 間	5 時 間	24 時 間	48 時 間
cm	%	%	%	%	%	%	%
0～ 2	25.7	34.4	29.7	26.8	26.3	23.2	26.8
5～10	28.4	33.3	33.1	31.2	31.2	26.1	27.3
10～15	25.4	38.3	35.4	27.6	28.7	27.7	27.4
下層土	41.6	42.5	41.1				

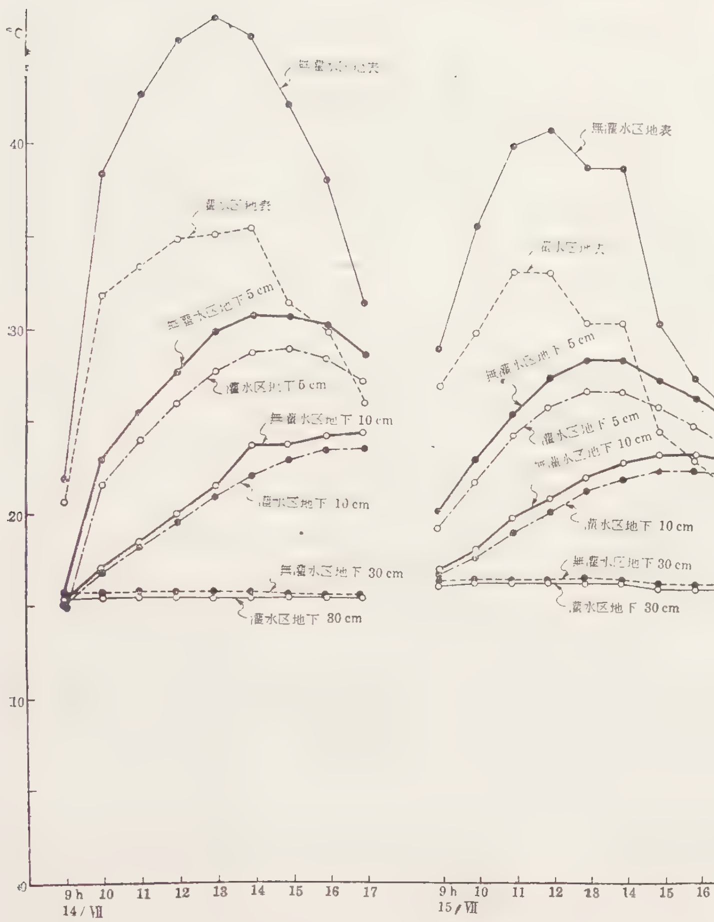
第 8 表 各作物の地温の変化 半旬別 (1955 年)
Table 8 Change of earth temperature in every crop (mean value of five days).

調査月日	春播小麦				牧草				馬鈴薯				大豆			
	灌水区		無灌水区		灌水区		無灌水区		灌水区		無灌水区		灌水区		無灌水区	
	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30	cm 10	cm 30
5 月下旬	11.3	9.7	11.3	10.3	11.2	10.5	11.4	11.0	10.8	10.3	10.4	10.5				
	10.3	10.0	10.2	10.0	11.1	10.6	10.9	10.7	9.8	10.1	9.9	10.2	10.9	10.9	10.8	10.7
6 月上旬	9.8	10.0	9.4	10.2	10.8	10.7	10.7	10.7	10.0	10.0	9.9	10.2	10.2	10.6	10.3	10.5
	11.9	10.5	12.1	10.7	12.0	11.0	11.9	11.2	11.9	10.5	11.3	10.8	11.8	11.1	12.1	10.9
〃 中旬	15.2	13.4	15.4	13.7	15.4	13.8	15.2	14.0	15.3	13.4	14.7	13.9	15.0	13.9	15.4	13.9
	14.8	14.1	14.9	14.2	14.8	14.3	14.8	14.5	14.4	13.8	14.4	14.4	14.5	14.2	14.8	14.3
〃 下旬	16.1	14.5	16.3	14.7	16.0	14.8	15.7	14.8	15.3	14.8	15.8	14.8	16.2	15.3	16.3	15.0
	16.2	15.3	16.5	15.4	16.3	15.3	16.2	15.4	15.8	15.2	15.6	15.4	16.2	15.8	16.2	15.6
7 月上旬	15.5	15.1	15.9	15.0	15.5	15.4	15.5	15.1	15.3	14.9	15.1	14.9	15.9	15.5	15.8	15.3
	19.5	17.7	19.8	17.7	19.2	17.2	19.3	17.6	19.6	17.6	19.5	18.1	19.6	18.4	19.9	18.5
〃 中旬	19.5	18.2	19.6	18.1	19.1	18.0	19.3	18.2	19.3	18.4	19.6	18.6	20.1	19.3	20.2	19.2
	21.2	19.5	22.0	19.4	21.6	19.0	21.4	19.5	21.5	20.4	21.5	19.8	22.2	20.6	22.4	20.7
〃 下旬	22.1	21.0	22.7	21.0					22.0	21.2	22.0	21.4	24.4	22.0	23.1	22.3
	21.7	20.7	22.0	20.6					21.4	20.6	21.4	20.9	22.6	21.5	22.4	21.8
8 月上旬	20.7	20.6	21.3	20.4					20.3	20.1	20.2	20.4	21.7	20.5	21.0	21.3
	22.1	20.9	22.4	20.9					21.8	20.7	21.5	20.8	22.7	21.2	22.1	21.3
〃 中旬	19.4	19.6	19.6	19.2					18.9	18.7	18.6	19.1	19.6	19.6	19.0	18.8
									19.8	19.6	20.0	19.6	20.5	20.1	19.3	19.4
〃 下旬									19.3	19.1	19.2	18.7	19.4	19.2	18.5	17.6
									18.9	19.0	18.9	18.9	19.1	19.0	18.5	17.8
9 月上旬									21.2	20.8	20.9	20.3	20.9	19.9	20.3	19.0
									16.8	18.2	16.9	18.3	17.0	18.1	16.2	17.3
〃 中旬									15.1	16.7	15.4	17.1	15.3	16.5	15.0	16.0
									14.7	15.9	15.0	16.4	14.6	15.7	14.2	15.1
〃 下旬									14.2	15.8	14.6	16.0	14.8	15.6	14.2	14.9
									12.9	15.2	13.1	15.2	13.0	14.7	12.6	14.3
10月上旬									12.1	14.0	12.4	14.3	12.3	13.8	11.9	12.9
									13.6	14.6	14.0	14.8	14.1	14.4	13.8	14.3
〃 中旬									7.4	11.0	8.8	11.3	8.3	10.8	8.5	10.7
									7.8	10.6	8.0	10.8	9.0	10.6	8.6	10.1
〃 下旬													8.8	11.1	8.4	10.8
													9.8	10.3	9.5	10.0

備考 各作物共第 2 Block 標準施肥量区にて午前 9 時観測

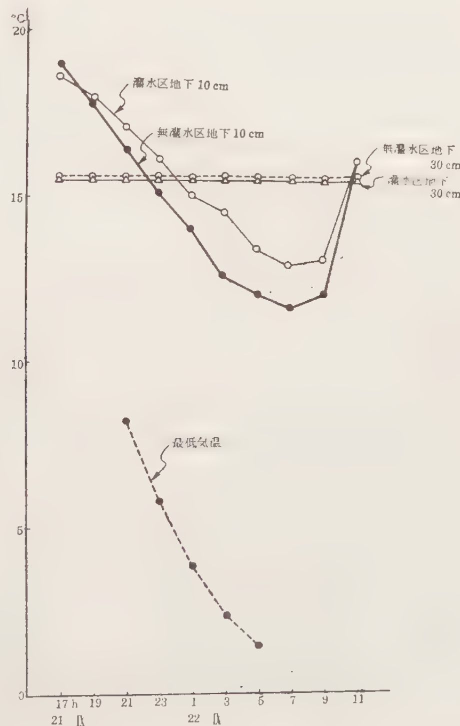
について検討を加えた。土壌性状の変化は土性，灌水方法及び灌漑水並びに灌水量により相違するものと思われるが，灌漑試験終了後 1955 年秋標準施肥区から試料を採集し二，三の理化学性の分析を行つた。

第 9 表に見る如く灌水によつて地表部の粗砂の含量が多くなり粘土含量が少なくなつていることが注目される。このことは灌水によつて地表部の振透淘汰が行われ，微細部分が次第に下層に移動していることを示しているもので，A_2 層の粗砂は無灌水区より少なくなり反対に粘土が多くなつていることから A_2 層に粘土の集積が起りつつあることが認められる。以上のことは更に第 10 表に見られる比重，及び 100 cc 重量，土壌の実績等からも窺えるところである。更に第 11 表に見られる如く pH，酸度には大なる差は認められないが灌水によつて酸性が高まりつつあり，全窒素及び全炭素，更に加里，石灰等の塩基類も幾分減少



第 2 図　夏季（日中）に於ける地温の変化

Fig. 2　Change of earth temperature in summer. Daytime (July 14)



第 3 図　秋季（夜間）地温の変化

Fig. 3　Change of earth temperature in fall. Night (Sept. 21)

第 9 表 機械分析

Table 9 Mechanical analysis.

組成分	灌水区			無灌水区		
	A_1 (0～2cm)	A_2 (2～5cm)	A_3 (5～10cm)	B_1 (0～2cm)	B_2 (2～5cm)	B_3 (5～10cm)
粗砂	49.7%	41.7%	40.3%	39.9%	43.4%	43.4%
細砂	25.1	24.9	28.1	30.0	26.7	26.1
微砂	[illegible]	11.5	12.2	[illegible]	[illegible]	[illegible]
粘土	16.0	21.9	19.5	18.8	18.8	19.6

第 10 表 物理性

Table 10 Physical properties.

項目	灌水区			無灌水区		
	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3
水分	1.99	2.77	3.25	5.26	1.98	1.98
比重	2.59	2.49	2.48	2.55	2.52	2.52
100 cc 量重 g	105.5	92.2	98.4	96.4	94.9	103.1
仮比重	1.04	0.88	0.95	0.93	0.92	1.02
土壌の実績 %	39.9	36.0	38.4	35.8	36.2	40.2
孔隙量 %	60.0	64.0	61.5	64.1	63.7	59.7
容水量 (重量 %)	65.8	63.5	62.9	65.6	55.9	53.8
容水量 (容量 %)	58.5	57.0	63.2	56.7	50.9	54.3
10 cm の高さに水を吸昇せし時間	18 分	19 分 7 秒	25 分 2 秒	17 分 15 秒	21 分 37 秒	26 分 47 秒

第 11 表 化学性

Table 11 Chemical properties.

区別	$pH(H_2O)$	全酸度	T.N. %	T.C. %	N/5 HCl 可溶物 %				吸収係数	
					SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	N	P
灌水区	5.60	1.48	0.183	2.74	0.601	0.023	0.004	0.244	300	2096
無灌水区	5.65	1.24	0.226	2.98	0.623	0.019	0.008	0.254	308	1750

備考 T.C. TYULIN 滴定法 吸収係数本邦土性調査法による

の傾向を示している。また窒素の吸収係数には殆ど変化は認められないが灌水によつて燐酸の吸収係数は高まつて来ている。これらからの結果を見ると畑地灌漑に際して土壌管理に充分なる注意をはらわなければ，むしろ土地の悪変を来たすおそれのあることを示しているものといえよう。

以上の諸結果から畑地灌漑の必要であるか否かを判定することは極めて困難であるが，牧草以外の作物については特に増収効果の認められたものはない。これは十勝地方の気象と密接な関係があり，試験実施の年がいずれも灌水を必要としない程度の降水のあつたことに起因するものであろう。十勝地方における畑地灌漑の必要性について金子[8]は本地方の畑地水分収支の点から考えて，作物収量が50%程度増加すれば水分の欠乏が制限因子となるものであるから，この時期に至れば畑地灌漑は必然的に重要なものとなると述べている。更にまた畑地灌漑の有利なりや否やを判定する場合には，単に現在の作付状況を基盤にして制定することもまた当を得ないものであつて，畑地灌漑によつて経済的な作物の作付が行われ，経済的に有利となることが認められるならば，また別の観点から考慮されるに至るものである。従つてこれらの点は当地方における作物の水分要求時期

や要求量を土壌の水分供給力との関係から灌水の適量について，また灌水方法等の基礎的諸問題についての検討を必要とするものであるが，同時に風蝕防止のための灌水の是非，秋冬季の霜害防止，凍結の軽減等の検討は，畑地灌漑に対して将来に残された重要課題であると思われる。

IV　摘　　要

十勝地方における畑地灌漑の効果を知るため数種の作物を栽培して灌水を行い同時に地温，土壌水分に及ぼす影響と土壌理化学性の変化について調査を行つた。この結果を要約すれば次の如くである。

1）牧草（チモシー）に対しては明らかに灌水の効果が認められ収量においては約 15% 増加を示した。しかし他の作物においては殆ど効果は認められなかつた。

2）灌水によつて土壌水分は増加するが，この変化の著しいのは地下 5 cm 附近までであり，10～15 cm の変化は比較的少なく，更に下層土においてはほぼ恒量を示していた

3）灌水によつて増加した水分は，表層では 5 時間内外で減少するが，下層では 48 時間を経過しても高含水分を保持している

4）地温の変化は表層において著しく，灌水によつて 8～10°C の温度下降が見られた。下層においてはこの差は比較的少ない。秋季気温の低下する夜間には逆に地温は高くなつていることが知られた。

5）灌水によつて粘土粒子は下層へ移動集積が行われていることが見られる。

6）灌水によつて全窒素，腐植及び塩基類の減少が認められ，土壌の性状は幾分悪化の傾向が見られる

7）以上の結果から，畑地灌漑が有利なりや否やについて判定を下すことは困難であつて，更に経済的な観点からも考慮する必要がある。

参 考 文 献

1）菅原友太（1950）：わが国における畑地灌漑の実態，農及園，25，11.

2）田村　猛・船戸忠寿（1955）：畑地灌漑の給水技術〔1〕，農及園，30，7.

3）田村　猛・船戸忠寿（1955）：畑地灌漑の給水技術〔2〕，農及園，30，[illegible].

4）田村　猛・船戸忠寿（1955）：畑地灌漑による主要作物の栽培技術〔2〕，農及園，30，10.

5）野本亀雄（1956）：畑地灌漑栽培における施肥法，農及園，31，5.

6）農林省農業改良局研究部（1953）：畑地灌漑に関する研究集録（I）.

7）北海道開発庁（1955）：十勝無水地帯の水利用に関する基礎調査報告書.

8）総理府資源調査会（1953）：十勝無水地帯の水利用に関する基礎調査中間報告.

Résumé

The authors cultivated several crops and irrigated the water every fifth day at the rate of 4 mm per day to ascertain the effect of field irrigation as practiced in the Tokachi area of Hokkaido.

The investigations were made on the growth of plant, yields of crops, the influence on earth temperature, soil moisture, and changes of some physical and chemical properties of soil.

The results may be summarized as follows:

1. The irrigation was effective on timothy and the grass yield increased about 15%, but for other crops no effect cold be seen.

2. The soil moisture increased by irrigation; the amount of increase was largest in the first 5 centimeters of depth, in the next 5 centimeters the increase was very little, and there could not be seen any change in subsoil (over 20 centimeters depth).

3. The moisture of the surface layer decreased in the 5 hours following irrigation but in the subsoil the moisture kept uniform even after 48 hours of irrigation.

4. A distinct change of earth temperature was shown in the surface layer, namely, the temperature was lowered 8～11°C by irrigation but in subsoil no change was evident. However, the earth temperature was influenced as far down as about 20 centimeters in depth. At night time in fall when the

atomospheric temperature was low, the earth showed a higher temperature as a result of irrigation.

5. It could be seen that, by irrigation, the clay particles were carried down to under layer and accumulated there.

6. There could be seen decreases in total nitrogen, in humus content, and in bases in the soil, so the deterioration of soil fertility has taken place gradually.

7. From these results, it is very difficult to assert the effectiveness of field irrigation, and further consideration from the economical point of view seems necessary.

泥炭土壌の熟圃化に関する研究（第3報）

熟圃化に伴う SIMON 法による腐植の形態変化

松 実 成 忠*

STUDIES ON THE MATURING PROCESS OF PEAT SOILS

III. THE CHANGE OF FORM OF HUMUS BY SIMON'S METHOD IN THE MATURING PROCESS

By Shigetada MATSUMI

I 前　言

開墾土壌が熟圃化するということの外面的な現れは各種の作物の栽培が可能となり，比較的高い収量が得られ，且つそれが安定して来るということであると考えられる。泥炭土壌が客土によつて収量を増加し，冷害年に受ける減収の程度を少なくし，また栽培可能となる作物の種類が増加することは既に多くの試験成績[1~6] によつて明らかにせられているところであつて，この意味においては客土は泥炭土壌に熟圃化された土壌の性格を附与するものということができよう。

著者はさきに泥炭土壌の理化学性は未墾,新墾,耕作年次の長いもの及び客土泥炭土壌の順に変化していることがみられることを報告した[7]。即ち容積比重，実積割合，毛管性を増大し，容水量，孔隙%を減少し，空気透通量において「最高」を減じ,「最低」を増加する等の変化があるが，この変化は作物の根の発育領域を拡大し，且つ乾燥時における水及び空気の割合を作物の生育に好適な状態に保持することを示すものと考えられる。客土により，作物の生育及び収量は著しく増加するが，この原因として第一にかかる理学性の状態の改善にもとづくものが極めて大であることは容易に首肯されるところである。以上のことから，泥炭土壌の熟圃化は顕著な理学性の変化を伴うことが認められ，その変化は泥炭に客土をした場合の理学性に近づく方向にあることが考えられる。

また化学性においても，開墾年次に伴い酸性が緩和し，置換性石灰の増加等の変化が見られた。

かくの如き理化学性の変化に対応して，泥炭土壌中に多量に含有する有機物においても質的に性状が変化していることが考えられる。有機物の性状を質的に解明するために多くの方法が提案されているが,弘法[8] が SIMON 法を用いて火山灰土壌の熟畑過程における腐植形態変化を明らかにしようとして以来，この方法を用いて多くの研究[10~15] が行われている。しかしながら，これらの研究の結果から SIMON の立てた理論体系をもつて，そのままずべてを律し得ないことが明らかにせられ，また方法についての検討[16] も加えられている。筆者も前報[17] において，美唄高位泥炭土壌の表土及び下層土について SIMON 法を用いての腐植の形態を報告し，その際この問題点を指摘したところであつて、SIMON 法についてはなお検討すべき面が多いものと考えられる。

土壌有機物の腐植化過程は開墾地土壌の熟圃化過程の一環であり，また有機物の形態変化の面に限定した狭義の熟圃化過程は土壌有機物の腐植化過程の一部分であろうと考えられる。泥炭土壌におけるこれらの問題について，著者は泥炭土壌の熟圃化によつて理学性が顕著な変化を示すものであるとの立場から，熟圃化過程における腐植の性状変化を明らかにせんとする研究の一環として，また SIMON 法を検討する面における手がかりを得るため，先ず熟圃化の段階を異にすると考えられる泥炭土壌について，SIMON 法を用いて実験を行つた。即ち同一地域にあつてほぼ構成植物を同じくし，排水等の状態を異にする未墾地及びそ

* 農芸化学部土壌肥料第2研究室

れを開墾耕作或は客土せる既墾地土壌とを供試し，熟圃化の過程と理化学性の相違との関係を検討すると共に，これらの試料間において SIMON 法によつては，いかなる腐植の形態の相違を示し，また SIMON 法のいかなる係数が理化学性の変化の傾向と一致するものであるかについて検討を加えた結果について報告する。

本報告の取纏めに当り，種々御教示を頂いた農芸化学部長西潟高一技官に，また分析の一部に協力を受けた，沢田泰男，吉田加代子両技官に，深く感謝の意を表する。

II　供試土壌及び分析法

1.　供試土壌

本報に供試せる泥炭土壌は美唄泥炭地研究室圃場及び附近の高位泥炭土壌であつて，その主な構成植物はミズゴケ (*Sphagnum* spp.) 及びホロムイスゲ (*Carex Middendoeffii* FR. SCHM.) であつて僅かにツルコケモモ (*Oxycoccus vulgaris* HILL) を含んでいる次の如きものである（未墾地〔I〕以外は表土と下層土を採取した）。

1)　未墾地〔I〕　排水状態不良で表面のミズゴケは生育中のものであり，典型的高位泥炭地の景観を呈している。ミズゴケ以外の主な植生は次の如きものである。

ホロムスゲ・ワタスゲ・ツルコケモモ・イソツツジ・ホロムイツツジ・ヒメシャクナゲ・ゲンコウソウ・ミカヅキグサ・イヌツゲ・ヤチヤナギ・ホロムイソウ

試料の色：　黄褐色，分解程度未分解

2)　35 年原土　未墾地〔I〕の如き状態のものを大正 8 年 (1919年) に開墾し，爾来主として，美唄泥炭地標準耕種法によつて耕作せるものである。排水溝の設置も同年に行い，現在の排水状態良好（間隔 45 m，深さ 0.9 m）である。

表　土：　黒褐色，分解良

下層土：　褐色，分解不良

3)　35 年客土　35 年原土と同じく開墾排水し，大正 8 年 (1919年) に客土（6 cm）を行つたもので耕種法は上に同じく。また現在の排水状態は良好である。

下層土：　褐色，分解不良

4)　未墾地〔II〕　排水溝は大正 8 年 (1919年) に施設したがその後次第に埋つて現在の排水状態はやや不良である。数回野火を被つたことがあり，表層より 10 cm 下に 2 cm の樽前系火山灰層を有し，表土は 15 cm まで採取した。

現在の植生の主なものは次の如くである。

（ワラビ・ヤマドリゼンマイ・ホロムイスゲ・イヌノゲ・ヤチヤナギ・サワ[illegible]・[illegible]・サワギキョウ・ノリウツギ・エゾノススキ・シラカバ小木）

表　土：　黒褐色，分解やや良

下層土：　褐色，分解不良

5)　8 年原土　未墾地〔II〕の如き状態のものを昭和 23 年 (1948年) 開墾して排水溝を改修し，爾来標準耕種法によつて耕作している。現在の排水状態は良好である。

表　土：　黒褐色，分解やや良

下層土：　褐色，分解不良

6)　8 年客土　同じく昭和 23 年 (1948年) に開

第 1 表　収　　量

Table 1　Crop yields.

区別	年次 / 作物	1948 燕麦	1949 小豆	1950 馬鈴薯	1951 燕麦	1952 小豆	1953 馬鈴薯	1954 燕麦	1955 小豆
2) 35年原土	kg/ha	1,444	1,107	17,556	1,956	1,750	22,391	1,709	1,298
	%	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
3) 35年客土	kg/ha	2,290	1,786	20,040	2,900	2,100	23,869	1,951	1,553
	%	(159)	(161)	(114)	(148)	(120)	(107)	(114)	(120)
5) 8 年原土	kg/ha	1,850	823	13,784	2,533	2,367	24,797	2,180	1,345
	%	(128)	(74)	(79)	(129)	(135)	(111)	(128)	(104)
6) 8 年客土	kg/ha	2,300	2,057	14,005	2,867	1,967	26,990	2,503	1.672
	%	(159)	(186)	(80)	(147)	(112)	(121)	(146)	(129)

註）燕麦：「ビクトリー 1 号」　小豆：「高橋早生」　馬鈴薯：「紅丸」

墾し，同年客土（6 cm）を行い，耕種法は同上である。現在の排水状態良好である

下層土：褐色，分解不良

未墾地〔I〕と〔II〕とは未耕地である点は同じであるが，排水の状態を異にし，その結果現在の植生が著しく相異していることが認められる。従つて既墾地については，開墾前の原土の状態から35年原土及び客土は未墾地〔I〕に，又8年原土及び客土は未墾地〔II〕にそれぞれ対比することが適当であると考え，以下各表には前記の順序に記載し考察することとした。

既墾地について8年原土及び客土が開墾耕作された昭和23年（1948年）からの収量を示せば第1表の如くである。（8年原土及び客土は「客土によらざる高位泥炭地の改良に関する試験」所報[8]の原土，客土の「堆肥区」であり，35年原土及び客土は同報において比較のために記載せる熟畑原土及び客土区である）

これによつて見ると，昭和23年開墾耕作した8年原土が35年原土に比べて初年目より収量が高く，且つ年による変異も比較的少なく，当初より熟圃化された性格を有していたものと考えられ，特に5年目位からは客土区に匹敵する収量を示していることから，熟圃化せる状態にあるものと認められる。従つてこのことから，未墾地〔II〕が既に熟圃化された性格が附与されているものと推察される。

2. 分　析　法

理学性は，客土せるものとの対比上，風乾細土を供試し，容積比重は常法により，また容水量は高さ5 cmのガラス円筒を用いて「密」の状態に充填せるものについて，それぞれ求めた。最大容水量はFEUSTEL等[19]の方法を準用し，湿潤土を更に水分過飽和の状態にし，それを容水量測定用ガラス円筒（5 cm）に空隙を与えないように注意して移入し，底部より過剰水を一夜排水せしめたものについて水分を測定して求めた。絶対乾燥収縮度は，その際の水分を控除して求めた値で，空隙を考慮に入れない算定値である。

pHは湿潤土について，BECKMANのガラス電極を用いて測定し，加水酸度は湿潤土を用い，浸出割合は 1:10 で求めた。置換容量及び置換性水素等は STAKER[20] 等の方法により，また置換性石灰は WILLAMS 法よつて行つた。

腐植の分析は SIMON 法[9]を準用し，浸出割合は泥炭土壌 1:10，客土せるものは 1:4 とたが，未墾地〔I〕のみは浸出液が求められないので 1:20 とし，1:10 に換算表示した。比色には島津焰光分光光度計を用い，色調係数TFは吸光係数 Ek_{45}（波長 463 mμ）に対する Ek_{61}（波長 619 mμ）の比で求め，色度は SIMON の相対色度 RF として表わさずに Ek_{61} を n/10 $KMnO_4$ 消費量（10 cc 当り）で除して100を乗じた値で示した。

III　実験結果及び考察

1. 供試土壌の理学性

理学性については第1報[7]の実験結果から測定容易で且つ比較的良く理学性の状態を示すと考えられるものについて行つた。その結果は第2表のとおりである。

第2表　供試土壌の理学性
Table 2　Physical properties.

供試土壌	湿潤土水分 (%)	容積比重 粗	容積比重 密	容水量 (%)	最大容水量 (%)	絶対乾燥収縮度 (%)
1) 表　土						
1)未墾地〔I〕*	93.2	0.09	0.14	895.2	2,640.2	96.4
2) 35年原土	48.0	0.37	0.44	206.3	22[illegible].7	69.4
3) 35年客土	30.0	0.71	0.84	72.8	102.0	50.4
4) 未墾地〔II〕	81.2	0.36	0.46	240.0	2,236.6	86.8
5) 8年原土	49.6	0.42	0.48	170.8	137.2	65.2
6) 8年客土	37.6	0.62	0.72	84.7	—	—
2) 下層土						
1)未墾地〔I〕*	93.2	0.09	0.14	895.2	2,640.2	96.4
2) 35年原土	78.8	0.23	0.29	416.5	1,324.5	92.9
3) 35年客土	80.0	0.30	0.37	331.1	1,068.2	91.4
4) 未墾地〔II〕	88.8	0.26	0.36	298.0	1,720.6	94.4
5) 8年原土	84.0	0.33	0.41	247.9	1,116.0	91.3
6) 8年客土	87.6	0.32	0.41	309.9	—	—

註）* 同一試料（以下同じ）

先ず表土と下層土とを比較すると，表土は容積比重が大で容水量は小なることが示され，混在する火山砂及び客入土の影響もあつてその相異は顕著である。

表土間についてみると，容積比重は未墾地に比べ，既墾地は増加していることが見られ，また客土によつて著しく大となつており，既墾地の原土相互，客土相互には大差がなく，未墾地〔II〕は〔I〕

に比べ極めて大である。容水量及び最大容水量はこれと逆の関係にあり，前述のやうにして求めた乾燥収縮度はこれらと同様の傾向が見られる。

下層土については，表土における如き，著しい相違は示されないが，排水や表土における耕作によつて影響を受けて，各理学性は上述と同じ傾向を示していることが見られる。

以上の結果は生成発達中であるか，ないしは構成植物の組織が明瞭で繊維状を呈する泥炭層の間には理学性に差が少なく，また開墾耕作によつて破砕細粒化せる既墾地表土間においても同様であるが，未熟な泥炭が耕作によつて破砕分解され熟圃化したことによつて理学性に著しい変化を生ずることを示している。更に耕作 8 年のものが 35 年のものに比べて，その理学性に殆ど差を示さないことは，収量調査の結果とよく一致しており，また未墾地〔II〕が既墾原土に比べて大差がないことは前記の想定を裏付けるものと考えられ，これらのことからも排水の影響が極めて大きいことが推察される。

かくの如き結果は前報の結果と一致し，泥炭土壌が熟圃化することにおいて，その理学性の変化がよくこれに対応していることを示しているものと認められた。従つてこのことから，更に理学性の相違によつて泥炭土壌の熟圃化の程度が推定し得るのではないかと考えられるが，これについては今後なお研究を要するところである。

2. 供試土壌の化学性

化学性については，主として塩基の置換性について見たのであるが，第3表に示す如くである。

その結果は概して理学性ほど顕著ではないが，理学性の変化に対応して試料間に相違のあることが見られる。即ち開墾耕作によつて塩基飽和度が増加し，酸性が緩和され，置換容量及び置換性石灰は増加していることが示され，下層土では表土のこれらの変化と平行してやや相違のあることが見られる。このことは植物残体の繊維組織が次第に分解して有機膠質物となり，また塩基が富化された結果によるものと考えられる。

塩入・柏木[21]，弘法[22]，野本[23] 等は鉱質酸性土壌について，その熟畑過程において，これとほぼ同様の変化を見たことを報じており，これらの土壌変化と有機質酸性の泥炭土壌とでは，変化を来たす原因においては相違があるが，熟圃化に伴う化学性の変化としては，同様の傾向を示すという事実は興味深いことと思われる。

前記の排水，耕作，客土等の有無，土色，肉眼による分解度，植生，作物収量等と共に以上の理

第 3 表　供試土壌の化学性（乾土 100 分中）

Table 3　Chemical properties.

供試土壌	灼熱損失量 (%)	pH (H_2O)	加水酸度 (y_1)	塩基飽和度 (%)	置換容量 (M. E.) 100 g 当	置換容量 (M. E.) 100 cc 当	置換容量 (M. E.) 有機物当	置換性石灰 (M. E.) 100 g 当	置換性石灰 (M. E.) 100 cc 当
1) 表土									
1) 未墾地〔I〕	94.7	4.63	335.2	18.0	117.8	14.1	124.3	15.7	1.9
2) 35 年原土	53.7	4.93	98.1	48.1	78.8	32.3	146.9	28.0	11.5
3) 35 年客土	16.1	5.38	37.3	53.6	28.7	22.4	—	13.4	10.5
4) 未墾地〔II〕	36.9	4.68	228.2	12.0	60.9	25.0	165.0	4.1	10.5
5) 8 年原土	39.6	6.20	35.9	75.4	65.7	29.6	165.9	44.9	20.2
6) 8 年客土	22.7	6.46	25.3	71.0	37.2	25.3	—	30.3	20.6
2) 下層土									
1) 未墾地〔I〕	94.7	4.63	335.2	18.0	117.8	14.1	124.3	15.7	1.9
2) 35 年原土	93.7	4.55	192.0	40.5	132.5	34.5	141.1	43.1	11.2
3) 35 年客土	90.8	5.22	225.0	32.8	122.3	34.2	151.3	26.9	7.5
4) 未墾地〔II〕	95.5	4.42	283.9	20.0	126.1	39.2	131.9	21.8	6.8
5) 8 年原土	90.6	5.22	184.3	56.9	129.7	48.0	143.2	43.1	15.9
6) 8 年客土	87.3	5.20	229.8	43.8	112.3	40.4	128.6	46.8	16.8

化学性を分析せる結果とから，供試土壌の熟圃化の程度に順位をつければ，未墾地〔I〕，下層土（未墾地，既墾地），未墾地〔II〕，既墾地表土（原土，客土）の順に熟圃化が進んでいるものと見ることができる。

第 4 表　表土の SIMON 法による分析結果

Table 4　Characteristics of humus of surface soil by SIMON's method.

1) 浸　出　部

供試土壌	St. F.		NaF KMnO₄ 消費量（原液 10 cc 当）		NaF PQ	NaF Color-value*	NaF TF	NaOH KMnO₄ 消費量（原液 10 cc 当）		NaOH PQ	NaOH Color-value*	NaOH TF
	col.	tit.	a	b				a	b			
1) 未墾地〔I〕	0.060	0.136	15.8	10.5	33.8	1.67	7.18	116.1	40.8	64.9	3.71	5.09
2) 35年原土	0.808	0.624	113.5	21.7	80.9	7.37	4.88	182.0	25.3	86.1	5.76	4.63
3) 35年客土	0.648	0.562	77.0	17.8	77.4	8.83	4.24	137.0	24.2	82.3	7.66	4.12
4) 未墾地〔II〕	0.596	0.663	132.0	25.4	80.4	6.14	4.75	199.0	29.7	85.1	6.65	4.13
5) 8 年原土	0.793	0.606	97.5	18.6	80.9	9.03	3.92	161.0	28.1	82.5	6.89	3.94
6) 8 年客土	0.937	0.851	117.5	20.1	82.9	8.94	3.90	152.0	28.5	81.3	7.43	4.05

2) 沈　澱　部

供試土壌	NaF KMnO₄ 消費量（原液 10 cc 当）		NaF Color-value*		NaF TF		NaF HQ		NaOH KMnO₄ 消費量（原液 10 cc 当）		NaOH Color-value*		NaOH TF		NaOH HQ	
	Ac. b.	NH₃	Ac. b.	NH₃	Ac. b.	NH₃	col.	tit.	Ac. b.	NH₃	Ac. b.	NH₃	Ac. b.	NH₃	col.	tit.
1) 未墾地〔I〕	5.0	6.1	3.21	2.84	5.37	5.76	93.1	82.4	30.7	65.4	4.81	5.23	4.71	4.97	43.5	47.0
2) 35年原土	76.0	83.5	7.89	7.54	4.78	4.79	95.2	91.0	50.6	133.0	5.14	6.32	4.96	4.37	34.0	38.0
3) 35年客土	57.0	57.0	9.30	9.21	4.06	4.16	101.0	100.0	27.6	103.0	7.31	8.95	4.37	3.69	23.9	24.2
4) 未墾地〔II〕	98.0	101.3	6.68	6.27	4.29	4.43	103.1	96.8	45.4	177.0	5.72	5.78	4.26	4.17	27.8	25.7
5) 8 年原土	69.0	70.0	9.06	9.14	3.92	3.81	93.3	98.6	46.5	122.7	6.02	7.17	4.29	3.88	31.8	37.9
6) 8 年客土	81.5	85.0	9.41	8.94	3.86	3.89	106.6	100.0	78.5	109.0	7.39	8.26	4.08	3.93	64.4	69.7

註）* Color-value: 〔Ek_{61}/tit. (10 cc)〕× 100

第 5 表　下層土の SIMON 法による分析結果

Table 5　Characteristics of humus of subsoil by SIMON's method.

1) 浸　出　部

供試土壌	St. F.		NaF KMnO₄ 消費量（原液 10 cc 当）		NaF PQ	NaF Color-value*	NaF TF	NaOH KMnO₄ 消費量（原液 10 cc 当）		NaOH PQ	NaOH Color-value*	NaOH TF
	col.	tit.	a	b				a	b			
1) 未墾地〔I〕	0.060	0.136	15.8	10.5	33.8	1.67	7.18	116.1	40.8	64.9	3.71	5.09
2) 35年原土	0.414	0.408	88.7	14.6	83.5	5.19	6.41	217.5	18.0	91.7	5.10	5.58
3) 35年客土	0.306	0.364	118.0	18.5	76.6	5.28	6.10	220.0	17.7	92.0	6.27	4.98
4) 未墾地〔II〕	0.102	0.126	20.1	8.8	56.2	5.07	6.47	159.0	14.9	90.6	6.28	4.99
5) 8 年原土	0.377	0.383	72.7	14.2	80.5	6.24	5.68	190.0	20.0	89.3	6.32	4.87
6) 8 年客土	0.330	0.350	65.3	12.0	81.6	6.10	5.68	186.6	17.7	90.5	6.38	4.80

2）沈　澱　部

供試土壌	NaF KMnO₄消費量（原液10cc当）		NaF Color-value*		NaF TF		NaF HQ		NaOH KMnO₄消費量（原液10cc当）		NaOH Color-value*		NaOH TF		NaOH HQ	
	Ac. b.	HN₃	Ac. b.	NH_3	Ac. b.	NH_3	col.	tit.	Ac. b.	NH_3	Ac. b.	NH_3	Ac. b.	NH_3	col.	tit.
1）未墾地〔I〕	5.0	6.1	3.21	2.84	5.37	5.76	93.1	82.4	30.7	65.4	4.81	5.23	4.71	4.97	43.5	47.0
2）35年原土	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.71	[illegible]	[illegible]	37.5
3）35年客土	59.8	59.8	5.86	5.77	5.64	5.70	101.4	100.0	64.5	158.0	5.27	6.33	5.59	4.94	34.5	40.8
4）未墾地〔II〕	10.4	11.7	5.97	5.55	6.00	6.35	96.8	88.9	100.0	119.0	6.80	6.81	4.66	4.60	82.9	84.0
5）8 年原土	[illegible]	[illegible]	6.22	[illegible]	5.21	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.14	5.25	5.54	5.27	[illegible]	[illegible]
6）8 年客土	46.5	43.5	6.24	[illegible]	5.45	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.84	4.71	[illegible]	[illegible]

註）* Color-value: 〔Ek_{61}/tit.（10 cc）〕×100

3. SIMON 法による分析結果

前記の如く，供試土壌は熟爛化の段階を異にするものと考えられるが，これらについて SIMON 法によつて分析した結果は第 4 表（表土），及び第 5 表（下層土）に示す如くである。以下この結果について，熟爛化の程度と対比しつつ試料間の差及び SIMON の係数等がいかなる傾向を示しているかについて検討してみると次の如くである。

a）色度及び TF について　先ず色度についてみると，表土では NaF 浸出においても，また浸出部，沈澱部共いずれも同様の傾向を示し，未墾地〔I〕は極めて低く，その状態のものを長年に亘り耕作した 35 年原土では増大しており，更にそれに客土せるものはなお高まつていることが見られる。未墾地〔II〕は上述のものに比べて比較的高い値を示していることが見られ，またそれを 8 年間耕作したものは，更に増加しており，客土 8 年はより増加の傾向があるが大差がないことが示されている。下層土においては，それぞれの表土に比べ色度が低いが，これを相互に比べると排水によりまた表土を耕作することによつてやや高くなつている傾向が見られる。色調係数 TF については SIMON 等の報告する如く色度と逆の関係にあることが認められた。

以上の色度及び TF における差異は熟爛化の相違と対応し，理化学性の相違と全くその傾向を一にしており，従つて色度（SIMON 法における RF）はこの種泥炭土壌が分解し熟爛化するに伴い増大し，逆に TF は減少するということが出来ると考えられる。

このような観点から，未墾地〔II〕を見ると，理化学性において未墾地〔I〕とは著しく異なつており，未耕土ではあるが，むしろ既墾地的性格を持つていることは，先に推察したところであるが，色度及び TF においてもよくこのことを示し，比較的腐植化が進んだ段階にあることが見られた。この点を更に確かめるため SPRINGER[23] による Acetylbromide 処理を行つた結果は第 6 表に示す如くである。

第 6 表　Acetylbromide 処理の結果（有機物 100 分中）

Table 6　Results after treatment with acetylbromide. (% in organic matter)

供試土壌	不溶部	可溶部
35 年原土：表　土	46.28%	53.72%
35 年客土：表　土	46.83	53.17
未墾地〔II〕：表　土	44.21	55.79
未墾地〔II〕：下層土	26.91	73.29

これによれば，有機物中の Acetylbromide 不溶部即ち腐植化が進み木材の溶剤たる Acetylbromide に溶けなくなつた部分の割合は 35 年客土，35 年原土，未墾地〔II〕の表土及び未墾地〔II〕の下層土の順に少なくなつているが，前 3 者の差は僅少であり，色度及び TF について見たことと合致し，未墾地〔II〕がこの実験からも腐植化の進んだ部分が比較的多いということ，即ち熟爛化の段階が割合に高いことが首肯され，前記所説を裏付けるものであると考えられる。

なおこのことから，泥炭土壌においては，未墾地というだけで直ちに未熟な状態を示すとは断定し得ず，特に排水によつてその性質は著しく変化

するものであることが知られる。

以上の結果は熟成化促進の方策と考えられる排水，耕作，客土等の措置によつて泥炭土壌がその理学性においては容積比重の増加，容水量の減少等を示し，化学性においては塩基飽和度，置換容量の増加等を来たしこれらに対応して腐植の色度の増加，TF の減少が認められるという一連の相関せる変化のあることが認められる。

熊田[25, 26] は各種土壌泥炭等から抽出した腐植酸の吸収スペクトルについて研究し，本報告における色度に対応せる値である吸光係数の対数値(log K) が大きいほど腐植化が進んでいるものと考え，また ⊿log K (TF に対応する値) が log K と逆比例的関係にあることを見た。林・長井[27] は高位及び低位泥炭，腐植質火山灰土等より抽出せる腐植酸及びそれを更に分別せるフラクションについて，それらの吸収曲線を検討しリグニンの谷の有無及び傾斜によつて腐植化の順位を推定した。

本実験は前述せる如く，ほぼ同一構成植物よりなる高位泥炭土壌について種々の条件から，熟成化の段階の異なるものとしてその順位を推定し，これら試料を SIMON 法によつて分析せる結果，熟成化の程度が進むにつれて色度の増大，TF の減少を認めたのであるが，泥炭土壌の熟成化過程における腐植の性状変化が，上記実験にみられる腐植酸の腐植化過程に伴つて示される性状の変化と傾向を一にしている如くに見られることは，泥炭土壌の熟成化と腐植化の問題を考察する上に興味あることと思われる。

次に表土，下層土を通じて NaF 浸出の色度と NaOH 浸出の色度との関係を見るに浸出部，沈澱部の醋酸緩衝液可溶部 (Ac.b.) 及び IN–NH_4OH 可溶部 (N–NH_3) のいずれにおいても，NaF 浸出の色度が比較的高いものは NaOH 浸出の色度はそれよりも低く，逆に NaF 浸出の色度が比較的低いものは NaOH 浸出の色度の方がそれよりも高い傾向がうかがわれる。概して前者は熟成化の進んだものにおいて，また後者は未熟なものにおいて見られるのであるが，このことは熊田[25] の報告からして A 型真正腐植酸，B 型真正腐植酸及び腐朽物質等のこれら溶液中における割合によつてもたらされるものではないかと考えられるが，今後の検討に待ちたい。

b) St.F, PQ 及び HQ について　安定度係数 St.F は前報に示した如く，供試泥炭土壌においては低い値を示して，いずれも 1 を超えていない。土壌間では表土は下層土より，また既墾土壌は未墾土壌より明らかに増大していることが見られるが，客土による差は色度及び TF の如く明瞭ではない。St.F は，NaF 浸出部と NaOH 浸出部との吸光係数及び $KMnO_4$ 消費量のそれぞれの比であつて，熟成化の進行に伴う前記の NaF 浸出と，NaOH 浸出との色度の関係，及び後述する浸出腐植の量の問題等が関連して表現せられ，むしろ腐植化の程度と直線的には一致しないものではないかと考えられる。

次に沈澱部パーセント PQ については，最も未熟である未墾地〔I〕が明らかに少ないことが見られる外は，他のものの間には殆ど差が認められなかつた。PQ は浸出液中における酸によつて沈澱する部分の割合，即ち浸出液中の腐植酸の割合であるが，沈澱しないフルボ酸は腐植酸の再溶解，再沈澱によつて再び出て来ること及び表中には示さなかつたが，熟成化の進んだ土壌からのフルボ酸はその色度が未熟なものに比べて高いことが見られたこと等のことを考え合せると泥炭土壌においては熟成化に伴い漸増するというよりも，極端な未熟から少し分解が進むと PQ はほぼ同様な値を示すものではないかと考えられた。

腐植化度 HQ については NaF 浸出では熟成化の進むにつれて，増加している傾向が見られたが，NaOH 浸出では明らかな傾向は見られなかつた。また表土，下層土共，NaF 浸出における HQ が NaOH 浸出における HQ よりも高いことが示されたが，如上のことも関連し，このことは奥田・堀[16] が NaOH 浸出においては腐植酸が鉄またはアルミニュウムイオンと結合して醋酸緩衝液に不溶となるのではないかと指摘せることに関係があると考えられるが，St.F, PQ と共になお検討を要することと思われる。

c) 溶出腐植量について　第 4 表に見る如く，未墾地〔I〕が NaF, NaOH 浸出共その溶出する腐植の量が甚しく少ないことに注目し，各試料について溶出する腐植の量を有機物当りの $KMnO_4$ 消費量から算出した結果は第 7 表に示す如くである。

これによつて見ると先ず表土において NaF,

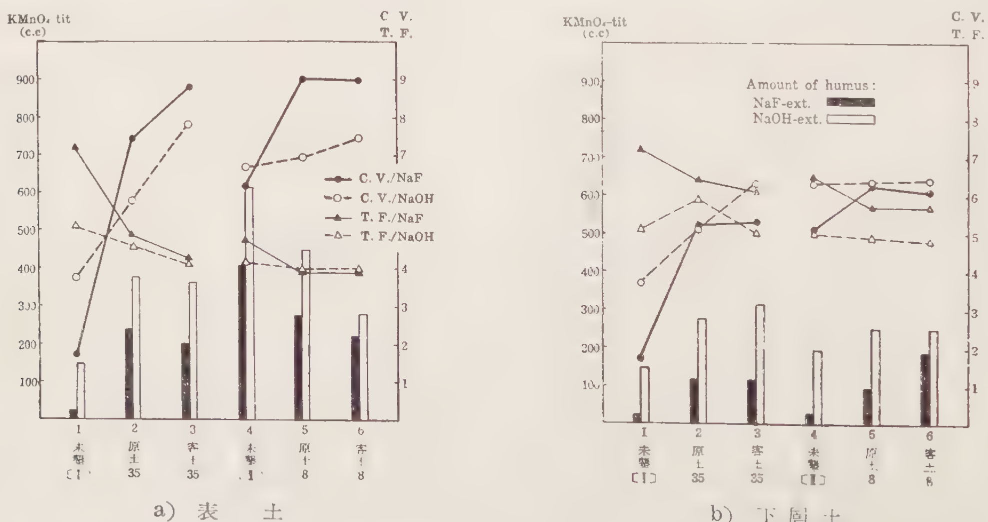
第 7 表 溶出腐植量（有機物当 $KMnO_4$ 消費量）

Table 7 Amount of humus extracted by NaF and NaOH (n/10 $KMnO_4$ cc per organic matter).

供試土壌	NaF				NaOH			
	a	b	Ac. b.	NH_3	a	b	Ac. b.	NH_3
1) 表　土								
1) 未墾地〔I〕	20.0	13.3	6.4	8.3	147.1	51.7	38.9	82.9
2) 35年原土	234.6	44.9	157.1	172.6	376.2	52.3	104.6	274.9
3) 35年客土	201.2	46.5	148.9	148.9	357.9	63.2	72.1	269.1
4) 未墾地〔II〕	406.7	78.2	301.9	312.1	613.1	91.5	139.3	545.3
5) 8 年原土	273.0	52.1	193.2	196.0	450.7	78.7	130.2	343.5
6) 8 年客土	218.1	37.3	151.3	157.8	282.1	52.9	145.7	202.3
2) 下　層　土								
1) 未墾地〔I〕	20.0	13.3	6.4	8.3	147.1	51.7	38.9	82.9
2) 35年原土	113.2	18.6	76.9	77.8	277.5	23.0	67.0	178.6
3) 35年客土	114.4	26.5	85.5	85.5	314.6	25.3	92.2	225.9
4) 未墾地〔II〕	24.5	10.7	12.7	14.3	194.1	18.2	122.1	145.3
5) 8 年原土	95.9	18.7	69.7	66.0	250.8	26.9	83.5	213.1
6) 8 年客土	87.3	16.0	62.2	58.2	249.5	23.7	140.4	201.3

NaOH 浸出共未墾地〔I〕は極めて少なく，それを開墾耕作して 35 年を経過した 35 年原土はその量が増大しているが，それに客土したものは逆にやや減少の傾向が見られ，未墾地〔II〕は試料中最大の溶出量を示すが，それを開墾後 8 年経過した 8 年原土は減少しており，8 年客土は更に減少していることが認められた。

下層土については，未墾地は少なく，表土の開墾耕作により増加していることが見られたが，客土による影響は 35 年では僅かであり，8 年では見られなかつた。このことは熟畑化の進行と共に第 1 段階においては，NaF または NaOH によつて溶出して来る腐植の部分はその量を増加し，また色度が増加して黒色味を帯びて来るが，第 2 段階においては溶出する部分の色度，色調は同じ変化を続けながらその量は逓減して来ることを示して



第 1 図 浸出部の色度，T.F. 及び溶出腐植量

Fig. 1 Color-value, T.F. and amount of extractive parts.

いるものと思われ，これらの関係を浸出部について示すと第1図の如くである。即ち溶出する腐植部分の色度，色調及び理学性の変化が熟圃化過程の進行と共に，一方向的に変化していることが考えられるにもかかわらず，可溶腐植の量は過程中増加と減少の2段階のあることが推察され，このことから，泥炭土壌の熟圃化過程における有機物の性状の変化を明らかにしようとする場合，可溶腐植主として腐植酸についてのみ考慮するのでなく，溶出して来ない部分の性状その変化の時期等についても検討し，有機物全体としての性状の変化を究明する必要があるのではないかと考えられた。これらについては，今後検討を進めるつもりである。

要　　約

排水，開墾，客土等の有無により，熟圃化の過程を異にすると考えられる高位泥炭土壌について，その理化学性及び SIMON 法による腐植酸の形態を分析せる結果を要約すれば，次の如くである。

1. 熟圃化に伴う理学性の変化は，顕著に示され，その相違は熟圃化の段階によく対応していることが考えられた。

2. 化学性においても熟圃化と共に変化が見られ，置換容量，置換性石灰，塩基飽和度等は増加し，酸性が緩和されていた。

3. SIMON 法による色度は熟圃化が進むにつれて増加し，TF は逓減していることが示され，よく理学性の相違と一致していた。他の係数については，明らかな傾向はみられなかつた。

4. 溶出してくる腐植の量は熟圃化と共に増加するが，ある段階からは逓減しているのではないかということが考えられた。

参　考　文　献

1) 浦上啓太郎・市村三郎 (1937): 泥炭地の特性とその農業，北海道農試彙報，60号.

2) 藤森信四郎 (1938): 美唄地方低位泥炭地に対する客入土の種類，北農，5巻，12号.

3) 小松　勇 (1939): 稚内地方泥炭地に於ける客土の効果，北農，6巻，11号.

4) 斎藤伝七 (1940): 釧路地方低位泥炭地の客土並びに酸性矯正の効果，北農，7巻，4号.

5) 藤森信四郎 (1940): 高位泥炭地に於ける客土の効果，北農，7巻，12号.

6) 山田　忍・舘場為市 (1944): 泥炭地に対する客土の効果，北農，11巻，10号.

7) 松実成忠 (1956): 泥炭地の熟圃化に関する研究 (第1報)，北海道農試彙報，69号.

8) 弘法健三 (1949): 開墾地土壌の熟圃化過程における腐植の形態変化，東大立地自然科研報告，2号.

9) SIMON, K. u. SPEICHERMANN, H. (1938): Beiträg zar Humusuntersuchungs methodik. Bodenk. u. Pflanzenernähr. 8.

10) 熊田恭一 (1949): 水田土壌の腐植質に関する研究 (1報)，日・土・肥・誌，20巻，1，2 号.

11) 　　　(1951): 同上，(2 報)，同上，21巻，3号.

12) 小坂二郎・井積　昭 (1951): 土壌型と腐植の形態との関係に関する研究 (第1報)，日・土・肥・誌，21巻，4号.

13) 　　・　　(1952): 同上，(第2報)，同上，22巻，3号.

14) 　　・　　(1952): 同上，(第3報)，同上，23巻，1号.

15) 細田克巳・高田秀夫 (1953): 黒土の腐植に関する研究 (3報)，日・土・肥・誌，24巻，3号.

16) 奥田　東・堀　士郎 (1955): シモンの腐植酸分別法への批判，同上，26巻，6号.

17) 松実成忠 (1956): 泥炭土壌の熟圃化に関する研究 (第2報)，北海道農試彙報，69号.

18) 藤森信四郎・宮崎直美・松実成忠・沢田泰男・中根正行 (1956): 客土によらざる高位泥炭地の改良に関する試験，北海道農試彙報，69号.

19) FEUSTEL, I. C. and BYERS, H. G. (1930): The physical and chemical characteristics of certain American peat profiles. U. S. Dept. Agr., Tech. Bull. 214.

20) STAKER, E. and WILSON, B. (1935): Ionic Exchange of Peat Soils. Cornell Univ., Agr. Exp. Sta., Memoir 172.

21) 塩入松三郎・柏木大安 (1950): 畑土壌の化学的研究 (1報)，日・土・肥・誌，20巻，4号.

22) 弘法健三・赤塚　恵 (1950): 開墾土壌の熟畑化過程に関する研究 (2報)，同上，21巻，2号.

23) 野本亀雄・鎌田嘉孝 (1950): 開墾地土壌に関する研究 (1報)，東北農試研究報告，1号.

24) SPRINGER, U. (1928): Die Bestimmung der organischen insbesondere und humizieren

Substanz in Boden. Zeits. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 11.

25) 熊田恭一 (1955): 腐植酸の形成に関する物理化学的研究 (2報), 日・土・肥・誌, 25巻, 5号.

26) (1955): 同上 (3 報), 同上, 25 巻, 6号.

27) 林 常孟・長井武雄 (1955): 土壌腐植酸の Component について (2報), 日・土・肥・誌, 25巻, 6号.

Résumé

In this paper, there are reported the author's studies on the physical and chemical properties and form of SIMON's method, using several high moor peats, which are assumed to be different in the maturing process after drainage, reclamation, and mineral soil dressing.

The following results were obtained ;

1. The changes of physical properties are observed as the maturing process ; apparent density increases but water-holding capacity tends to decrease.

2. Changes of chemical properties are found, for example base exchange capacity, exchangeable calcium and base saturation degree increase while acidity tends to decrease in the maturing process.

3. As the maturing process of peat soils coutinues, color-value (corrsponding to SIMON's RF) increases distinctly, but tone-factor (SIMON's TF) tends to decrease, corresponding closely with changes of physical properties.

4. It seems that the amounts of NaOH- and NaF-soluble humus increase at the earlier stage of the maturing process, but decrease in the later stage.

Remarks :

Sample 1. Unreclaimed, well drained, poorly decomposed.

2. Reclaimed 35 years ago, well drained, strongly decomposed.

3. Reclaimed 35 years ago, well drained, mineral soil dressing 6 cm in thickness.

4. Unreclaimed, poorly drained, moderately decomposed.

5. Reclaimed 8 years ago, well drained, moderately decomposed.

6. Reclaimed 8 years ago, mineral soil dressing 6 cm in thickness, well drained.

北海道に於ける重粘性土壌の研究

第3報 小樽，野幌の安山岩質土壌について

森　哲　郎*　増　島　博*

STUDIES ON THE HEAVY CLAY SOILS IN HOKKAIDO

PART 3. ON THE HEAVY CLAY SOILS DERIVED FROM ANDESITIC ROCK AT OTARU AND NOPPORO

By Tetsuro MORI and Hiroshi MASUJIMA

緒　言

JENNY[1] は土壌を気候，地形，母材，植生，時間等の函数として土壌の生成過程を論じているが，SHAW,[2] CROWTHER[3] 等は母岩，地質的因子が気候的因子と並んで土壌生成に重要であるとし，NIKIFOROFF[4] は土壌の進化を規制する主要環境因子として気候，排水及び植生をあげ，且つ安全なる環境においては母材の性質がその土壌の性質を支配する因子となりうることを述べている。森田[5] も本邦各地の柑橘園土壌について研究した結果，気候的因子のみならず母材も大いに土壌の発達に影響あることを結論しており，更にまた佐々木[6] は北海道の土壌風化過程において母材の相違による影響の大きなことを報告している。

しかして土壌の生成発達に関与する諸因子が種々異るならば，そこに生成される土壌の性状は勿論，土壌の一部としてその構成に関わる粘土の組成，性質等にも大きな影響をもたらすことは当然であろう。即ち，GRIM[7] は各因子と粘土鉱物の関係について概括的な考察を行い，MITCHELL[8] は Scotland の土壌について母材，排水と粘土鉱物の間に相関性のあることを報告している。我が国においても地質系統，母岩の相違と土壌膠質物との関係は川村・船引,[9] 坂本,[10] 原田,[11] 増井,[12] 江川,[13] 佐々木[14] 等により，かなり多くの研究が行われている。

著者の1人森はさきに北海道における重粘性土壌研究の一環として，紋別市小向の重粘性土壌につきその理化学的性質を明らかにし,[15] 更に該土壌の理化学的特質は多量に含有される粘土分，並びにそれを構成する主要粘土鉱物の性状に基く質的特性によつて支配されるという観点の下に，所含粘土の性状，鉱物組成について考察を行つた[16]が，引続き安山岩質土壌で更に地質年代を異にするものとして，小樽，野幌の土壌を選び，その一般的性状及び粘土の鉱物組成について検討を加えた。

供試材料及び土層断面

1） 小樽市伍助沢

本土壌採取地点は函館本線小樽駅の西南方 2.6 km，塩谷村と接する地点で，標高 260 m の丘陵頂部に位置する

この附近の気象状況は小樽測候所の観測によれば第1表の如くである。

これより計算した LANG[17] の雨量係数は 162.5 で，また MEYER[18] の N—S 係数は 639.2 となる。



第1図　土壌採取地点

Fig. 1　Localities of soil sampling.

* 農芸化学部土壌肥料第2研究室

第1表　小樽の気候*

Table 1　Climate at Otaru.

月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均気温 °C	−4.8	−4.7	−0.9	5.5	10.2	15.5	20.0	22.5	17.3	11.4	4.0	−3.2	7.7
平均湿度 %	75	76	71	68	74	79	83	80	75	73	71	74	75
降水量 mm	147.8	97.2	70.8	62.8	47.6	52.1	92.5	63.0	138.6	128.3	175.8	175.1	1251.3
平均積雪 cm	88	117	101	10			—	—	—	—	4	40	
平均風速 m/s	4.1	3.7	3.4	3.4	2.5	1.8	1.5	1.9	2.7	2.9	3.7	4.1	3.0
最多風向	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	E	WSW	WSW	WSW	W	W	WSW

初霜　10月31日　　終霜　4月24日

初雪　10月29日　　終雪　4月21日

* 昭和18年より昭和22年迄の5箇年平均

この地帯は一般に緩傾斜の丘陵台地からなり，北部は日本海に臨み，南部は 600〜1000 m の比較的峻嶮な山岳地帯に接している。北海道農業試験場の土性調査では，この地帯を余市町，大江村，塩谷村，小樽市を含めて小樽統に属せしめている。[19] 猪木等[20] によれば本地域の地層は新第三紀の火山砕屑物を主とする岩層が緩かな褶曲を繰返すところの地質構造を有しているものと解され，土壌採取地点附近は本地域に最も普遍的に分布する上部集塊岩層のうち黒または赤褐色の硝子質輝石安山岩質集塊岩が下層に横わり，その上に黄灰色の凝灰質砂岩または砂質凝灰岩層が被覆或は互層として存在している。本地域は丘陵地に拘らず殆ど耕地化されているため，荒蕪地として放棄されている地点を選んで試料採取を行つた。その土層断面は第2表の如くである。

第2表　小樽土壌の土層断面

Table 2　Soil profile of Otaru soil.

層名	層厚	土性	土色	構造	堅密度	粘性	通水性
I A	15 cm	HCL	暗茶	粉状	粗	弱	良
II B_1	35	HL	黄味橙	立方状	密	弱	稍良
III B_2	36	HL	黄味橙	板状	密	中	稍良
IV B_3	42	L	茶	板状	甚密	稍強	不良
V C		CL	明茶	単一	甚密	稍強	不良

表土は粘性弱く，丘陵頂部のため，水蝕，風蝕の影響を受けてかなり流出しており，且つ一度火入が行われたためか第I層には木炭細片を混じている。現在の植物相はヒメスイバ，マツエグサが生育していて，その植物根は大部分が第I層に留り，僅かのものが第III層にまで達している。

2）　江別市字野幌椴山

札幌市の東南約 15 km の地点にあり，野幌国有林の南端に位するもので，標高約 85 m の台地をなしている。本地区の気象状況を最も近い札幌管区気象台の観測によつてみれば第3表の如くである。

小樽に比すれば気温やや低く，雨量僅に少ないがほぼ同様の気象と考えられる。その雨量係数及び N S 係数はそれぞれ 152.1、648.0 となる。

この地帯は一般に低い洪積台地をなし，北海道農業試験場の土性調査[19]によれば，江別市，広島村，三笠町，札幌市を含めて野幌統としており，石塚等[21]は本地区をトド山壌土区として区分している。佐々等[22]によれば本地域を構成する地層は第四紀洪積世最古の野幌層が下部に厚く横わり，これを浮石質凝灰岩からなる石山層（最近小山内等[23] はこれを豊平浮石層と名付けている）が約 3 m の厚さで不整合に覆い，更にその上に火山灰質の元野幌粘土層（小山内等は月寒火山灰層としている）が不整合に覆つているとしている

その植物相はトドマツ，カバ，イタヤ，シナ，アカダモ，シウリ，カツラ，ミズキ等が原始のま

第3表 野幌の気候*
Table 3 Climate at Nopporo.

月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均気温 °C	−6.3	−5.4	−1.6	5.2	10.5	15.0	19.3	21.1	16.4	9.9	3.2	−3.2	7.0
平均湿度 %	79	79	75	71	74	80	84	83	82	80	77	77	78
降水量 mm	[illegible]	71.3	62.9	57.5	[illegible]	63.1	94.4	104.3	135.1	[illegible]	110.5	[illegible]	[illegible]
平均積雪 cm	47	50	52	4	—	—	—	—	—	0	2	20	
平均風速 m/s	2.9	2.9	3.5	4.1	4.1	3.4	3.0	2.8	2.6	2.6	2.9	2.9	3.1
最多風向	SSE	SSE	SSE	SE	SE	SE	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE

初霜	10月3日	終霜	5月17日
初雪	10月30日	終雪	5月2日

* 明治22年より昭和22年迄の59箇年平均

第4表 野幌土壌の土層断面
Table 4 Soil profile of Nopporo soil.

層名		層厚	土性	土色	構造	堅密度	粘性	通水性
I	A_0	3 cm						
II	A_1	4	$\mathring{H}$CL	暗茶	粉状	粗	弱	良
	A_2	9	$\mathring{H}$CL	茶	胡桃状	粗	弱	良
III	B_1	20	$\check{H}$CL	黄味橙	粗胡桃状	中	中	稍良
IV	B_2	19	C	暗黄橙	(単一)	密	強	不良
V	C		C	黄橙	単一	甚密	強	甚不良

まに鬱蔽していて，下草としてはクマイザサ，ゼンマイ，フツキソウ等が密生している。

供試土壌採取地における土層断面は第4表の如くである。

第III層は径13〜20 mm 位の粗胡桃状の甚だ堅い団粒構造を示しており，その構造間隙を縫つて多数の植物根が第III層まで伸びていて，僅かのものが47 cm の深さまで達している。表層には樽前系の火山灰が極く少量混じているようである。更に腐植が第III層まで流入している形跡がみられ，溶脱作用を受けている様相がうかがわれた。試料採取に当つては A_1 層が非常に薄いため A_1, A_2 層を一層として採取した。これら2土壌は何れも下層に強い粘着性を有する土層が存在し，排水の不良な土壌で，北海道の土壌についてその土壌生成論的研究を行つた佐々木[24] によれば，小樽土壌は Regenerating brown forest soil region に，野幌土壌は Brown forest soil (leaching) region に包含されているものである。

供試土壌の機械的組成

上記2土壌の各層別試料について，ROBINSON 法[25] により，即ち6% H_2O_2 で繰返し腐植を分解した後，0.008N NaOH で分散させ，ピペット法で機械分析を行つた結果を示すと第5表の如くである。

小樽土壌においては第II，第III層の細砂，微砂含量大で，その土性は Sandy loam に属するが，第I層及び第IV層以下は微砂，粘土含量大で Light clay に属する。第I層より第III層まで次第に粘土含量を減じているのに対し，第IV層に至つて急激に増大しているが，これは第III層より上の層は母材が凝灰質砂岩層または砂質凝灰岩層で，粘性弱く水の透通がよいのに加え，第IV層以下に緊密強粘性の安山岩質集塊岩層が存在するため，上層の粘土が溶脱をうけて第IV層に集積しているものと考えられる。野幌土壌各層の土性は Silty 乃至 Clay loam に属し，2 μ 以下の粘土分は第III層以下下層に向つて漸増している。

第 5 表　供試土壌の機械的組成

Table 5　Mechanical composition of the soils (% in dry matter).

土　　壌	小		樽			野		幌	
層　　序	I	II	III	IV	V	II	III	IV	V
礫　(> 2 mm)	0.3	0.2	0.5	0.9	1.0	0.3	1.3	2.1	0.7
粗砂 (2～0.2 mm)	6.0	14.8	23.8	8.2	13.4	25.8	16.4	21.1	32.5
細砂 (0.2～0.02 mm)	16.0	49.6	37.1	14.5	19.6	26.2	18.7	21.4	20.0
微砂 (0.02～0.002 mm)	38.7	22.2	21.5	34.1	40.5	21.8	46.9	38.9	27.0
粘土 (<0.002 mm)	27.7	10.5	9.4	42.7	25.3	15.4	11.7	16.3	19.9
有　機　物	12.5	3.9	2.6	0.5	0.4	9.9	5.0	1.6	0.4
土　　性*	Light clay	Sandy loam	Sandy loam	Light clay	Light clay	Clay loam	Silty loam	Clay loam	Clay loam

* 土性は国際法によつて分類した

理化学的性質

原土及び風乾細土（<2 mm）についての理学的性質は第 6 表の如くである。

これらの結果によると，単位容積当りの土壌重量は小樽，野幌両土壌とも下層に向い次第に増大

第 6 表　供試土壌の理学的性質

Table 6　Physical properties of soils.

土　　壌	小		樽			野		幌	
層　　序	I	II	III	IV	V	II	III	IV	V
原　土:									
1000 cm^3 重　量 (g)	988	1130	1213	1574	1835	1173	1264	1515	1680
1000 cm^3 中乾土重量 (g)	747	720	753	1119	1422	783	869	1115	1351
含　水　比 (%)	32.3	56.9	61.1	40.7	29.1	49.8	45.5	35.9	24.4
容　積　比　重	0.75	0.72	0.75	1.12	1.42	0.78	0.87	1.12	1.35
孔　隙　量 (%)	69.4	[illegible]	71.8	58.4	47.1	68.9	65.9	58.5	49.9
容　水　量 (%)	24.1	41.0	46.0	45.5	41.3	39.0	39.5	40.0	32.9
容　気　量 (%)	45.3	31.9	25.8	[illegible]	5.8	[illegible]	25.4	18.5	[illegible]
深さ 10 cm の 1 反歩土壌重量 (貫) 原土	26566	30384	32616	42323	49341	31541	33987	40737	45173
深さ 10 cm の 1 反歩土壌重量 (貫) 乾土	20086	19360	20247	30089	38236	21054	23366	29981	36327
風乾細土*:									
100 cm^3 重　量 (g)	83.7	85.5	93.5	112.5	119.7	83.5	97.5	109.1	120.3
含　水　比 (%)	6.70	9.66	9.55	8.18	5.62	6.88	6.48	5.35	5.83
容　積　比　重	0.78	0.78	0.85	1.04	1.13	0.78	0.92	1.04	1.14
真　比　重	2.44	2.66	2.67	2.69	2.67	2.52	2.55	2.69	2.71
実　　積 (%)	32.1	29.3	32.0	38.7	42.1	31.0	35.9	38.5	42.0
孔　隙　量 (%)	67.9	70.7	[illegible]	61.3	57.9	69.0	64.1	61.5	58.0
容水量 (重量) (%)	74.8	74.5	73.3	48.7	38.7	72.1	64.0	48.2	37.7
容水量 (容量) (%)	58.7	58.1	62.5	50.7	43.9	56.3	58.6	49.9	42.8
最大容気量 (%)	61.2	61.0	58.4	53.1	52.3	62.1	57.6	56.1	52.2
最小容気量 (%)	9.2	12.6	5.5	10.6	14.0	12.7	5.5	11.6	15.2
10 cm の高さに水を吸昇せし時間 (分)	59	39	30	66	114	57	30	65	82

* 密状態において測定

する傾向があり，特に両土壌とも第 IV 層以下は著しく大である。孔隙量は下層に向つて順次減少しているが，両土壌とも第 IV 層以下は 60% に充たず，著しく緊密なる土壌を形成していることを示している。試料採取時の容水量については小樽土壌第 I 層が被覆植物殆どなく甚だ乾燥状態を呈している他は大凡 40% 前後であるが，両土壌とも第 III，第 IV 層が最も大なる値を示し，一応これらの層に雨水の停滞層が形成されているものと推察される。また容気量は両土壌とも下層に順次減少しているが，第 IV 層以下は著しく小で通気不良なることを示している。各層の 1 反歩当り土壌重量（深さ 10 cm として）を 1000 cm^3 重量から計算してみると，両土壌とも第 I，第 II，第 III 層は 2～2.3 万貫，第 IV 層 3 万貫，第 V 層 3.8 万貫及び 3.6 万貫である。

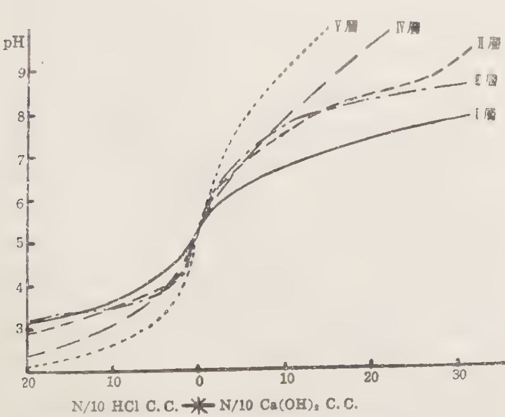
各試料の風乾細土についてその理学的性質を測定した結果は，容積比重は原土の場合と同様下層に向つて漸次増大する傾向を示し，特に両土壌とも第 IV 層以下は 1.0 を越え著しく大である。真比重は小樽土壌の第 I 層が 2.44 でやや低い値を示す他は 2.5～2.7 の間にある。実積は下層ほど大であり，従つて孔隙量は原土の場合同様下層に向つて漸減している。即ち下層ほど密なる土層を形成し易いことを示すものと思われる。容水量は下層ほど小となつているが，特に両土壌とも第 IV 層以下の層は 50% 以下の著しく低い値を示し，また最大容気量も下層ほど小である。水の吸昇時間は第 III 層より上の各層が 30～60 分であるのに対し，第 IV 層以下は 65 分以上で，上層に比して水の毛管上昇がやや緩漫である。

著者の 1 人[15] はさきに小向重粘性土壌について，その理学的性質を検討し，土壌重量，容積比重，孔隙量，容水量等にこの土壌の特徴が示されることを述べたが，小樽，野幌両土壌は第 IV 層以下において，小向重粘性土壌と類似の特性を示すものといえよう。然しその程度は小向重粘性土壌の下層土に比すれば幾分弱いものである。

第 7 表　供試土壌の酸度及び置換容量，置換性塩基

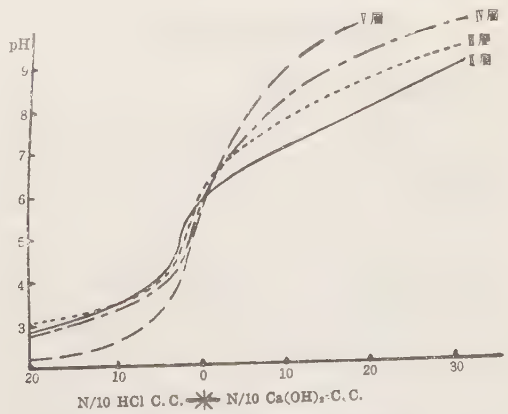
Table 7　pH values, exchangeable and hydrolitic acidity, base exchange capacity and exchangeable base of soils.

土　壤	小			樽		野			幌
層　序	I	II	III	IV	V	II	III	IV	VI
pH (H_2O)	5.55	5.50	5.72	5.47	5.30	5.89	5.97	5.57	5.47
置換酸度 (y_1)	0.9	3.8	0.3	3.8	13.8	2.5	4.4	5.0	18.8
加水酸度 (y_1)	43.8	20.6	11.9	18.8	17.5	36.5	26.9	27.5	23.1
置換容量 (m.e./100 g)	49.0	41.0	33.7	32.9	25.9	31.4	20.9	22.4	20.9
置換性塩基 (m.e./100 g)	19.1	4.8	7.5	8.9	6.0	10.4	6.0	4.1	5.3
塩基飽和度 (%)	38.9	11.8	22.2	27.1	23.3	33.0	28.9	18.3	25.5



第 2 図　小樽土壌の緩衝曲線

Fig. 2　Buffer curves of Otaru soil.



第 3 図　野幌土壌の緩衝曲線

Fig. 3　Buffer curves of Nopporo soil.

次に各試料の酸度，置換容量，置換性塩基及び緩衝曲線測定の結果については，第 7 表及び第 2，第 3 図に示す如くである。

ガラス電極によつて測定した pH は両土壌とも 5.3～6.0 の酸性を示している。小樽土壌は第 III 層最も高く，上下層にゆくに従つて低くなつているが，ただ第 I 層は少し高い価を示している。しかしその加水酸度が著しく高いことは，塩基類の流亡，溶脱により将来強酸性化する傾向にあることを示唆するものと思われる。野幌土壌の pH も第 III 層最も高く，上下層に漸次低くなつているが，その加水酸度は全層を通じて大なる値を示し，この土壌も将来次第に酸性が強烈となつてゆくことを示すものと思われる。置換酸度は両土壌ともあまり大きくないが，第 V 層のみは著しく大なる値を示している。pH 7.0 の醋酸アンモニア溶液を用いて置換容量，置換性全塩基を測定した結果，小樽土壌における置換容量は下層にゆくに従つて減少するが，その全塩基量は第 II 層より次第に増大し，第 V 層に至つて減少している。即ち下層に向つて滲透する雨水と共に塩基が溶脱し，第 IV 層に集積していることを示すものである。このことが第 II 層の pH を低め，且つもともと第 V 層同様に低い pH の第 IV 層に幾分高い pH を呈せしめているものと思われる。野幌土壌の置換容量は第 II 層 31.4 m.e./100 g，第 III 層以下約 21 m.e./100 g で，その全塩基量は下層にゆくに従つて減少し，第 V 層に至つて少し大となつている。両土壌とも塩基飽和度は 11～33% で著しく低い。

JENSEN[26] の方法に従つて求めた緩衝曲線については，小樽土壌では第 III 層まで緩衝能が比較的強いのに対し，第 IV，第 V 層は著しく弱くなつており，この両者の性状が全く異るのは，土壌構成母材が異ることに基づいているものと思われる。野幌土壌においては下層にゆくに従つて緩衝能が漸次弱くなつている。

腐植及び窒素の分析結果は第 8 表に示す如くで，何れの成分も両土壌共に表層より下層に向つて順次減少しており，最上層の腐植含量は小樽土壌 12.5%，野幌土壌 9.9% と著しく大なる値を示している。

第 8 表　供試土壌の窒素，炭素，腐植含量

Table 8　Nitrogen, carbon and humus contents of soils (% in dry matter).

土壌	小樽					野幌			
層序	I	II	III	IV	V	II	III	IV	V
腐植*	12.54	3.93	2.62	0.52	0.36	9.89	4.95	1.55	0.40
炭素	7.28	2.28	1.52	0.30	0.21	5.74	2.87	0.90	0.23
窒素	0.52	0.21	0.15	0.05	0.04	0.44	0.22	0.08	0.04
C/N 比	14.1	10.9	10.4	5.7	5.1	13.2	12.8	11.0	6.3

* TYULIN 法による

鉱物組成及び粘土鉱物

1）　鉱物組成　各層別試料から微砂及び粘土を洗い去つた砂分について，稀塩酸で一応除鉄した後，偏光顕微鏡下で鉱物組成を同定したが，細砂 (0.2～0.02 mm) 中の組成は第 9 表に示す如くである。

小樽，野幌両土壌とも各層にわたり斜長石，ガラス，石英等の軽鉱物が大部分を占め，紫蘇輝石，普通輝石，角閃石，磁鉄鉱その他の重鉱物は甚だ少ない。なおこれらの鉱物の他に表面に無数の浅い微小の凹みを有し，光学的に等方性の非晶質鉱物が可なり見られ，このものは両土壌の最上層では大半が無色または灰色であるが，下層のものは黄褐色を示している。表中には不明鉱物として掲げたが，大凡は菅野[27]によつて示された火山涙に属するものと思われる。しかし不明鉱物の一部にはかかる非晶体の間に斜長石，石英その他の異方体に属する微小結晶を挟み，2 種以上の鉱物集合体と思われるようなものもあり，あるいは母岩のガラス質石基に基くもの，あるいはまた二次的に生成された粘土鉱物的なものとも考えられる。更にこれらと同様の非晶体鉱物ながら，十字ニコル下において微かに消光を示すものも見られ，特に両土壌の第 IV，第 V 層ではかなり明瞭な消光をなすものが多数存在している。これら不明鉱物の粗

第 9 表　細砂中の鉱物組成（%*）

Table 9　Mineralogical composition of fine sand (0.2～0.02 mm).

土壌	小		樽			野			幌
層序	I	II	III	IV	V	II	III	IV	V
斜長石	32.5	30.6	47.1	29.4	49.2	34.1	25.2	34.1	32.9
石英	1.5	1.6	1.7	2.3	2.7	2.3	1.4	1.5	4.1
ガラス	31.4	4.7	1.1	3.4	6.5	43.8	9.8	7.6	1.4
普通輝石	0.5	1.1	1.0	0.5	1.6	1.1	0.5	0.5	0.5
紫蘇輝石	0.5	2.0	1.9	1.7	2.2	1.7	1.4	1.5	1.4
角閃石	0.5	0.5	0.6	0.9	0.5	0.5	1.1	1.7	0.5
黒色不透明鉱物	6.2***	1.0	4.7	5.6	8.7	5.7	1.4	2.3	1.8
不明鉱物 等方体	21.2	40.6	28.3	14.6	8.6	7.5	47.2	12.0	6.0
不明鉱物 異方体**	5.7	17.9	13.6	41.6	20.0	3.3	12.0	38.8	51.4

* 同定総粒数に対する各粒数割合を示す

** 非晶体鉱物の間に異方体結晶を挾むところの2種以上の鉱物集合体と思われるものも含む

*** 木炭片を混在

砂に属するものを反射光線で見ると浮白色，淡灰白色，赤褐色，黄褐色を呈し，且つ多孔質のものが多いが，これらの鉱物については更によく検討したいと思う。小樽土壌ではこれらの他第 I，第 II 層に熔岩の破片を少しく混じ，また下層にゆくに従つて大粒の重鉱物を減じ，第 IV，第 V 層では細砂中で僅に見られるのみで，粗砂中には殆ど見られない。野幌土壌の第 II 層には大泡の入つた浮石質ガラスがかなり多数見られるが，これは沖積世において薄く降灰した樽前統 A 火山噴出物[28)19)]に基づくものと考えられる。

これらの結果から，両土壌の母材については，小樽土壌では安山岩質集塊岩の風化生成物を母材とする下層の上に，熔岩片を少しく混じた凝灰質砂岩または砂質凝灰岩の風化物が第 III 層以上に覆つているものと推定され，また野幌土壌では安山岩質の洪積世堆積物の上に樽前統 A に属する火山灰が薄く降積しているものと推察される。

2）**粘土の採取**　両土壌の層別生土から ROBINSON 法による機械分析の方法に準じて粘土の採取を行つた。即ち試料 1 kg を 6% H_2O_2 で反覆処理して大半の有機物を分解し，70 mesh の篩を通して 0.2 mm 以上の礫，砂を除去した後，1N-NaOH で土壌分散液の pH を 8.5 に調節し，更に分散液が 10 l に達するまで水を加え，電気攪拌器で激しく攪拌して土壌をよく分散せしめ，STOKES の式に従い沈降法によつて 2 μ 以下の粘土分散液を採取した。この Na-粘土分散液に 1N-

第 10 表　粘土の化学的組成

Table 10　Chemical characteristics of the clay fractions (% in inorganic matter).

土壌	小		樽			野			幌
層序	I	II	III	IV	V	II	III	IV	V
SiO_2	45.61	43.17	33.55	52.09	55.74	42.68	46.52	49.10	58.74
Al_2O_3	29.12	35.74	29.42	36.14	32.33	28.05	34.72	33.67	29.43
Fe_2O_3	10.14	10.78	11.94	9.10	9.77	10.13	11.56	11.97	8.64
MgO	1.75	1.35	0.21	0.92	1.02	1.25	0.85	0.39	1.04
K_2O	1.21	0.80	0.78	0.16	0.25	0.42	0.40	0.56	0.34
SiO_2/Al_2O_3	2.41	2.05	1.93	2.45	2.93	2.59	2.27	2.47	3.39
SiO_2/R_2O_3	1.97	1.72	1.54	2.11	2.46	2.10	1.88	2.02	2.85
灼熱損失分*	24.10	19.69	31.42	12.55	10.72	30.91	21.80	16.89	9.70
置換容量 m.e./100g*	35.68	34.17	37.15	39.20	33.67	35.18	44.72	27.64	24.12

* 乾土 100 分中

$CaCl_2$ を加えて粘土粒子を沈澱せしめ，限外濾過しつつ水で洗滌し，最後に 1:1 Ethyl alcohol 及び 80% Alcohol で洗滌，これを 30°C の恒温室で大凡乾燥した後，50% H_2SO_4 の入つたデシケーター中に放置して爾後の試料に供用した。

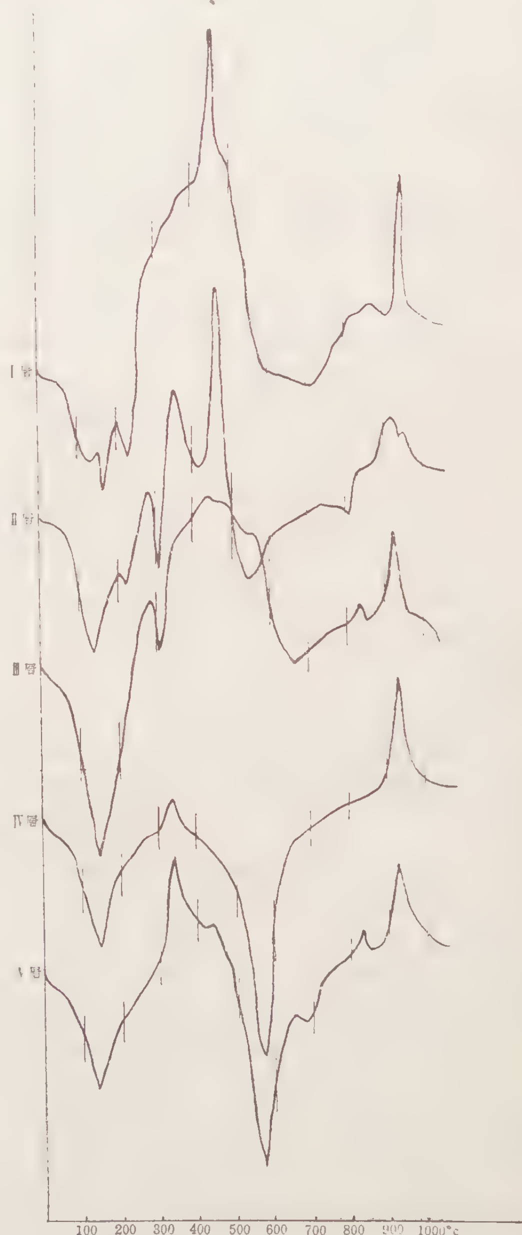
3） **粘土の化学的組成** 各層別土壌から採取した粘土について化学分析を行つた結果は第 10 表に示してある。

熔融法によつて定量した無機成分中，珪酸含量は小樽土壌の第 III 層より採取した粘土がやや低い値を示す外は，両土壌の各粘土を通じて全無機成分の 41～59% を占め，各成分中最も多量に含まれている。これに次いで礬土，鉄が各 30～36%，9～12% を占めている。これらに反し，苦土，加里含量は著しく少ない。ただ小樽土壌の第 I，第 II 層，野幌土壌第 II 層の粘土においてはやや高い苦土含量を示し，また小樽土壌の第 IV，第 V 層粘土の加里含量は上部 3 層のものに比べ更に著しく少ない。珪礬比，珪鉄礬比は各試料とも大凡 2.0～2.5，1.5～2.1 の範囲にあるが，両土壌の最下層の粘土はやや高い値を示し，且つ両土壌とも第 III 層を中心として上下層に増大している。

置換容量は小樽土壌では 34～40 m.e./100 g を示し，野幌土壌では第 III 層が 44.72 m.e. でやや高く，また第 IV，第 V 層は 27.62，24.12 m.e. と低い値を示している。

これらの結果から各試料の所含粘土鉱物について一応の推察を下すと，珪礬比，珪鉄礬比が 2.0～2.5，1.5～2.1 であり，苦土，加里含量が極めて小さいことから主要粘土鉱物は Kaolinite 系の鉱物と予測される。GRIM[7] は Hydrated halloysite の置換容量は 40～50 m.e./100 g であると述べているが，小樽，野幌土壌の各粘土の置換容量は 24～45 m.e./100 g を示し，ほぼ GRIM の示す値に近いところから，両土壌の各粘土とも Hydrated halloysite が主要鉱物であると考えられる。両土壌の最下層はやや高い珪礬比を示し，2:1 鉱物の存在も一応考えられるが，置換容量がむしろ小さく，且つ細砂中の石英含量が増加していることからみて，これは Quartz の存在を考える方が妥当であろう。また最上層は苦土含量がやや高いことから Chlorite 或は Montmorillonite 系鉱物の存在可能性が一応考えられ，また小樽土壌第 III 層の粘土は，粘土採取当初に H_2O_2 で処理し腐植を殆ど分解しているので，大部分が結晶水その他の水と考えられる灼熱損失分が 31.42% と他層に比してかなり高い値を示し，且つ珪鉄礬比が 1.54 と低いことから Allophane の存在が予測される。

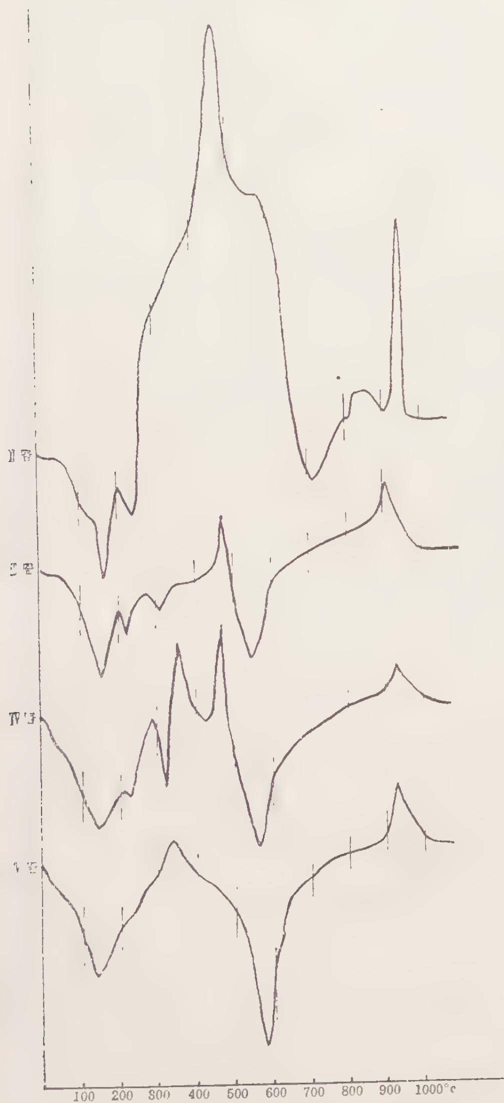
以上の分析結果からその存在を推定した所含粘土鉱物を更に明かにするため，示差熱曲線，X 線廻折線の測定を試みた。



第 4 図 小樽土壌粘土の示差熱曲線

Fig. 4 Differential thermal curves of clay fraction in Otaru soil.

4) 示差熱曲線 各試料について，HENDRICKS 等[29]の装置に準じた装置で示差熱分析を行つた結果は第 4，第 5 図の示す如くである。



第 5 図 野幌土壌粘土の示差熱曲線

Fig. 5 Differential thermal curves of clay fraction in Nopporo soil.

いずれの試料も 150°，550～580°C 附近に吸熱ピーク，910～950°C 附近に発熱ピークが見られ，化学分析結果から予測された Hydrated halloysite の存在が明らかに認められ，特に小樽第 IV，第 V 層，野幌第 V 層の粘土は他の鉱物の存在を思わせるピークを殆ど示さず，粘土の大凡が Hydrated halloysite によつて占められているものと考えられる。小樽第 II，第 III 層，野幌第 III，第 IV 層は Gibbsite の存在に基くと推定される 310～320°C の吸熱ピークを示している。また小樽第 II，第 IV，第 V 層及び野幌第 IV，第 V 層の粘土には 345～360°C に発熱ピークが見られ，須藤[30]はこの発熱ピークは炭質物によるものとしているが，もともと有機物を殆ど含まない下層土の粘土から，炭質物によるものとは考えられず，むしろ MARTIN[31]によつて指摘された遊離酸化鉄の存在に基くものと考えられる。更に小樽土壌第 IV，第 V 層，野幌土壌第 V 層以外の各土壌粘土には 450～480°C 附近に発熱ピークが見られ，特に両土壌とも表層のものは著しく高いピークを示しているが，これらは恐らく有機物に基づくものであろう。即ち BARTLETT[32]，佐々木[33]等は H_2O_2 処理によつては完全に土壌の有機物を除去することは出来ないと述べ，更に佐々木は H_2O_2 処理によつて有機物の存在に基づく 600～700°C の発熱ピークは消滅するが，なお 350°，450°C 附近の発熱ピークは残存すると報告している。これらの他，小樽第 I，第 II 層，野幌第 II，第 III，第 IV 層に見られる 230～240°C の吸熱ピークは MARTIN[34]によつて示された蓚酸石灰に基づくものと考えられ，また小樽第 I，第 III，第 V 層，野幌第 II 層の 700°，900°C 附近の吸熱ピークから Montmorillonite 系鉱物の存在も一応考えられる。然し 700°C のピークについては，残存する腐植に基づく 450～480°C の高い発熱ピークの影響によるとも考えられ言明は出来ない。なお小樽第 III 層は 150°C の吸熱ピークが著しく深いことから，化学分析結果からも予測された Allophane の存在が推定される。

小樽，野幌両土壌の各層粘土の示差熱曲線を比較してみると，小樽第 I 層粘土と野幌第 II 層粘土，小樽第 II 層と野幌第 IV 層，小樽第 IV 層と野幌第 V 層は殆ど相似の曲線を描き，それぞれの層が同一粘土鉱物よりなることを推察せしめる。

5) X 線廻折線 各粘土試料について，対陰極 C_o $K_{\alpha 1}$，電圧 35 kV，電流 50 mA，露出時間 17～20 分，カメラ直径 89.66 mm，フイルム：富士 X 線用フイルムの条件下において撮影した各粘土の X 線粉末写真の結果については第 11 表の如くである。

第 11 表 供試粘土の X 線廻折線成績 **Table 11 X-ray diffraction data of Ca-clays.**

小樽										野幌							
I		II		III		IV		V		II		III		IV		V	
d(A)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(A)	I	d(Å)	I
13.55	M*									13.70	M~W						
10.20	S	10.20	S	10.20	S	10.20	S	10.20	S	10.27	M	10.27	S	10.27	S	10.20	S
		7.19	WW			7.29	W~WW	7.29	W~WW			7.29	W				
7.01	WW									7.01	WW						
6.24	S									6.33	S						
		5.95	W	5.95	WW												
4.89	W	4.89	M	4.89	W	4.89	W	4.89	W	4.89	W~WW	4.89	W	4.89	M	4.89	WW
4.48	SS	4.48	S~SS	4.48	S	4.48	S~SS	4.48	S	4.48	S	4.48	S	4.48	S	4.48	S
		4.27	M	4.27	M	4.27	M	4.27	M			4.27	M~W	4.27	M~W	4.27	M~W
4.06	WW	4.06	WW	4.08	W	4.06	WW	4.06	WW	4.06	WW	4.06	M	4.06	M	4.06	M
3.70	W	3.70	M	3.70	WW	3.70	W	3.70	W	3.70	W	3.70	W	3.70	W	3.70	W
		3.52	WW	3.52	WW							3.52	WW	3.52	WW	3.52	WW
3.35	SS~S	3.35	SS	3.35	SS~S	3.35	SS	3.35	SS	3.39	S~M	3.35	SS	3.35	SS	3.35	SS
		3.23	WW	3.23	WW	3.23	WW					3.23	WW	3.23	WW	3.23	WW
3.07	W									3.12	W						
		2.98	W	2.98	WW	2.98	WW	2.98	WW			2.98	WW	2.98	WW	2.98	WW
2.79	SS	2.79	WW			2.83	WW	2.83	WW	2.81	SS	2.79	WW				
2.57	W	2.57	M	2.56	W	2.57	M	2.57	M	2.57	WW	2.57	M	2.57	M	2.57	M
2.44	WW	2.47	W~WW	2.47	WW	2.47	W	2.47	W	2.44	WW	2.47	WW	2.47	W~WW	2.47	W~WW
2.36	WW	2.36	W	2.36	W~WW	2.36	W	2.36	W~WW	2.36	WW	2.35	W~WW	2.35	W	2.36	W~WW
2.24	M~W	2.24	WW	2.23	WW	2.23	WW	2.23	WW	2.24	M~W	2.23	WW	2.23	WW	2.21	WW
2.13	W					2.13	WW	2.13	WW	2.13	W	2.13	WW	2.13	WW	2.13	WW
2.03	WW									2.03	WW						
1.96	WW	1.98	WW	1.98	WW	1.98	WW	1.98	WW	1.97	W	1.98	WW	[illegible]	WW	1.98	WW
1.90	W									1.91	W						
1.84	WW	1.82	W~WW	1.82	WW	1.82	WW	1.82	W	1.84	W	1.82	W	1.82	W	1.82	W
1.75	W							1.72	WW	1.75	W						
1.70	WW	1.70	WW	1.71	WW	1.71	WW	1.70	WW	1.71	WW	1.71	WW	1.71	WW	1.71	WW
1.66	WW	1.66	WW			1.66	WW	1.66	WW	1.67	WW	1.67	WW	1.67	WW	1.67	WW
		1.54	W~WW	1.54	WW	1.54	WW	1.54	W	1.54	WW	1.54	W	1.54	W	1.54	W
1.49	M	1.50	M	1.50	M	1.49	M	1.49	M	1.50	M	1.50	M	1.50	M	1.49	M
1.42	W	1.42	W	1.42	M	1.42	W	1.42	WW	1.42	WW	1.42	W	1.42	W	1.41	WW
1.38	WW	1.38	WW	1.38	WW	1.38	W~WW	1.38	W~WW	1.38	WW	1.38	W	1.38	W	1.38	W

* SS=Very strong S=Strong M=Mild W=Weak WW=Very weak

いずれの試料にも 10.2 Å, 4.48 Å, 3.35 Å の強い線，及び 2.57 Å, 2.36 Å, 2.23 Å, 1.67 Å, 1.49 Å の線が見られ，MEHMEL[35] の示す Hydrated halloysite の廻折線と一致していて，化学組成及び示差熱曲線による推定を裏書している。また 3.35 Å の強い線及び 4.27 Å, 2.47 Å, 2.23 Å. 2.13 Å, 1.98 Å, 1.82 Å, 1.66 Å, 1.54 Å, 1.42 Å, 1.38 Å の線は SEDLETSKIJ[36] の示す Quartz の廻折線と一致し，更に 4.06 Å, 3.70 Å, 3.35 Å, 2.23 Å, 2.98 Å, 2.83 Å, 2.57 Å 及び 5.95 Å 等の線から Feldspar の存在も確認され，粒径 2μ 以下の試料ではあるが，なお一次鉱物の残存混入していることが考えられる。この他各試料とも 4.89 Å その他の線から Gibbsite[36] の存在が見られ，小樽第 II, 第 IV, 第 V 層，野幌第 III 層粘土の 7.29 Å からは，これらの層の粘土に Halloysite が一部混在していることがうかがわれる。ただこの 7.29 Å の線は diffuse して幅広く現れているので，結晶度の低い Halloysite と考えられる。小樽第 I 層及び野幌第 II 層の粘土には 6.24 Å の強い廻折線が現れており，Lepidocrosite 或は Boehmite, Calcium Oxalate Trihydrate の存在が一応予想されるが，BLOOMFIELD[37]，BROWN[38] 等によれば Lepidocrosite は排水不良地のグライ化を受けた下層土の橙色または黄色斑点中に検出されるとされているので，本試料における Lepidocrosite の存在は疑わしく，むしろ 6.24 Å, 4.48 Å, 2.79 Å の強い線及び 3.07 Å 等の線，更に示差熱曲線に見られた 230～240°C の吸熱ピークと考え合せて，Calcium Oxalate の形成存在[34][38] が推定される。即ち粘土採取当初の H_2O_2 処理によつて，土壌中の有機物が酸化作用を受ける間に蓚酸が生成し，その蓚酸が石灰と結合して，蓚酸石灰として各表層の粘土中に含まれてきたものと考えられる。更にまた 6.24 Å 及び 3.1 Å, 2.36 Å, 2.03 Å, 1.90Å, 1.84 Å, 1.75 Å, 1.66 Å, 1.49 Å, 1.42 Å, 1.38 Å の線から Boehmite[39] の存在の可能性も考えられるが，これらの線はそれぞれ他の鉱物に基づく線とも見られるもので，これを明かにするには加熱処理[38] その他による検討を要する。化学分析及び示差熱曲線の結果から，一応の存在可能性を両土壌の表層において予想した Chlorite は 13.58 Å, 7.01 Å その他の線によつて示されている[40] と考えられるが，13.58 Å は Vermiculite, 或いは Montmorillonite 系鉱物及びその混合層鉱物の廻折線にも見られるもの故，加熱，塩酸，加里及びアンモニウム塩，有機試薬等の処理[7] による検討をまたなければ，何れのものであるか断定出来ない。

両土壌の各層粘土の間には X 線廻折線においても示差熱分析の場合に見られたと同様の類似性が見られる。このように地質的年代を異にしながら土層断面的に同じような粘土を含有する層を作つていることが見られるのは，果して母材が安山岩質のもので相似た一次鉱物からなつているためか，或いは気候的類似性，また下層に重粘性の土層を有する立地的条件によるものか，興味あるところであると同時に今後検討を要するところと考えられる。

粘土鉱物の生成に対し，母材，鉱物の影響の大なることについては多くの研究が行われており，例えば塩入[41] は岩石の初生風化において Allophanoid が生成し，そのうち Allophane は更に地上表層における生物の作用を蒙り，所謂土壌化作用をうける場合に珪酸富化作用によつて Hydarted halloysite 型粘土に向うとの推論を下し，HOSKING[42] は Australia において多雨で排水良好の地では塩基性火成岩から Kaolinite 質土壌が形成されていることを見，また GRIM[7] は酸性火成岩でも加里，苦土が急速に排除されるような環境下では Kaolin が形成されると述べている。増井[12] は福島県片曾根山土壌における粘土鉱物と母材との関係について研究し，石英安山岩及び輝石安山岩質火山灰から Hydrated halloysite の生成されることを，原田[11] は津山盆地の洪積世火山灰に由来する土壌に Halloysite, Kaolinite 及び少量の Allophane が存在することを報告し，また青峰等[43] は安山岩質熔岩風化物からなる筑後川沖積土について攻究し，脆弱な凝灰岩，集塊岩，多孔質安山岩等の如く風化容易な岩石は溶脱され易い風化条件下で Hydrated halloysite 及び Montmorillonite を生成し，この Montmorillonite は更に脱珪酸作用で Hydrated halloysite に変ると述べている。この他火山灰土壌において Allophane, Hydrated halloysite が生成されることは多くの人々によつて報告されている。[44][45][46][13][41] 更に個々の鉱物の風化について

も，ALEXANDER 等[47] は中性または微酸性で水の多い環境下においては，斜長石の風化によつて Hydrated halloysite が生成されることを，STEPHEN[48] は角閃石から Chlorite 或いは Vermiculite が生成されることを報告している。且つまた一度形成された粘土鉱物が更に他の粘土鉱物に変ることも認められている。例えば Allophane から Hydrated halloysite の変化,[30] Gibbsite 或は Boehmite の可溶珪酸反応による Kaolin 形成,[49)50] Chlorite から Vermiculite えの変遷等[51)48]が報告されている。更には江川等多くの人々[9)10)13)41] は我が国のような気候条件下においては Hydrated halloysite の形成が主として行われると考えているようである。以上の如く土壌の風化過程に生成される粘土鉱物は上記各種要因によつて左右されることは明らかであつて，本実験に供試した小樽，野幌の土壌も恐らくこれらの風化過程を併せ踏んで来ているものと考えられる。しかし本実験における粘土鉱物の同定は未だ定性的なものであるから，今後更に定量的同定の下に検討を進め，更には母材，粘土鉱物と土壌の重粘性との関係，或いは土壌肥沃度との関係等について考究してゆきたいと思う。

摘　　要

北海道における重粘性土壌研究の一環として，小樽及び野幌の安山岩質土壌につき，その一般的理化学的性質及び母材鉱物，粘土構成鉱物について考察を進めたが，これらを要約すると次の如くである。

1. 小樽土壌は第三紀の安山岩質集塊岩の上に凝灰質砂岩或は砂質凝灰岩の堆積した地層からなり，野幌土壌は安山岩質洪積世堆積物の上に薄く火山灰の覆つた地層から発達している。その所含鉱物は大凡斜長石，ガラス，火山涙様鉱物，石英，紫蘇輝石，普通輝石，角閃石，磁鉄鉱その他の黒色不透明鉱物からなり，そのうち斜長石，ガラス，火山涙様鉱物等の軽鉱物が大半を占めている。

2. 機械分析の結果，小樽土壌は light clay 乃至 sandy loam に，野幌土壌は clay loam 乃至 silty loam に属し，粘土含量は両土壌とも最上層及び第 IV，第 V 層に多い。土壌重量，容積比重が大，孔隙量，容水量，容気量が小である等，小向土壌に見られたと同様の理学的特性が両土壌の第 IV 層以下の層において見られる。しかし，その程度は小向土壌より幾分弱い。

3. 両土壌とも pH 5.3～6.0 の酸性土壌で，置換性塩基類に欠乏し，加水酸度高く，緩衝能の比較的弱い土壌である。最上層の腐植含量は著しく大である。

4. 母材の未風化鉱物を膠結せしめているところの 2μ 以下の粘土の鉱物組成については，両土壌の全層にわたつて Hydrated halloysite が主要鉱物と推定され，更に Gibbsite，及び Halloysite の存在がみられる。また Quartz, Feldspar 等の一次鉱物の混在もみられ，その他，両土壌とも最上層には Boehmite, Chlorite または Vermiculite, Montmorillonite 系鉱物の存在の可能性，小樽土壌第 III 層に Allophane の存在が推定される。

両土壌各層の粘土間においては，小樽第 I 層と野幌第 II 層，第 II 層と第 IV 層，第 IV 層と第 V 層との間にほぼ同一粘土鉱物の存在がみられる。

本実験の遂行に当り終始御指導御鞭撻を賜つた当場農芸化学部長西潟高一技官，粘土鉱物同定の実験設備使用の便宜を与えられ，又常に御懇篤なる御教示を戴いた北大教授石塚喜明博士，同助教授佐々木清一氏に深甚の謝意を表する。

なお本報の一部は昭和 30 年 4 月 3 日，日本土壌肥料学会大会において報告したものである。

文　　献

1) JENNY, H. (1941): Factors of Soil Formation. New York.

2) SHAW, C. F. (1932): Proc. 2nd. Intn. Cong. Soil Sci., 5, 7.

3) CROWTHER, E. M. (1932): Proc. 2nd. Intn. Cong. Soil Sci., 5, 15.

4) NIKIFOROFF, C. C. (1949): Soil Sci., 67, 219.

5) 森田修二 (1939): 土・肥・誌, 13, 270; (1940): 14, 223; (1941): 15, 51; (1941): 15, 365; (1942): 16, 95; (1942): 16, 325; (1943): 17, 498; (1944): 18, 103.

6) 佐々木清一・石塚喜明 (1951): 土・肥・誌, 22, 107; (1952): 23, 17.

7) GRIM, R. E. (1953): Clay Mineralogy. New York.

8) MITCHELL, W. A. (1955): J. Soil Sci., 6, 94.

9) 川村一水・船引真吾 (1934): 土・肥・誌, 8, 406; (1936): 10, 201.

10) 船引真吾・坂本辰馬 (1955): 土・肥・学会講演要旨集, 1, 38; (1956): 2, 14.

11) 原田光 (1953): 土・肥・誌, 23, 201; (1953): 23, 273.

12) 增井淳一 (1954): 土・肥・誌, 24, 313.

13) 江川友治・渡辺裕・佐藤昭夫 (1955): 農・技・研・報告, B5, 39.

14) 佐々木清一 (1955): 土・肥・学会講演要旨集, 2, 82; (1955): 2, 90.

15) 森哲郎 (1953): 北・農・試・彙報, 65, 17.

16) —— (1956): 北・農・試・彙報, 71, 13.

17) LANG, R. (1915): Intn. Mitt. f. Bodenk., 5, 312.

—— (1920): Vermitterung und Bodenbildung als Einführung in der Bodenkunde. Stuttgart.

18) MEYER, A. (1926): Chem.der Erde., 2, 209.

19) 瀬尾春雄 (1951): 北・農・試・土性調査報告, 1.

20) 猪木幸男・垣見俊弘 (1954): 5万分の1地質図幅説明書 (小樽西部), 北海道開発局.

21) 石塚喜明・佐々木清一 (1954): 昭和28年度北海道開拓地土壌調査報告, 北海道開発局.

22) 佐々保雄・森谷虎彦 (1950): 石油技術協会誌, 16, 5.

23) 小山内熙・杉本良也・北川芳男 (1956): 5万分の1地質図幅説明書 (札幌), 北海道地下資源調査所.

24) 佐々木清一・石塚喜明 (1954): 土・肥・誌, 25, 129.

25) ROBINSON, G. W. (1933): Imp. Bur. Soil Sci., Tech. Comm., 26, 31.

26) JENSEN, S. T. (1924): Intn. Mitt. f. Bodenk., 14, 112.

27) 菅野一郎・有村玄洋 (1955): 土・肥・誌, 26, 41.

—— ・ —— ・本荘吉男・徳留昭一・桑野幸男 (1955): 九州農・試・彙報, 3, 31.

28) 山田忍 (1951): 北・農・試・報告, 44.

29) HENDRICKS, S. B. and L. T. ALEXANDER (1939): Soil Sci., 48, 257.

30) 須藤俊男 (1953): 粘土鉱物, 岩波書店.

31) MARTIN, R. T. (1954): Soil Sci., 77, 389.

32) BARTLETT, J. B. (1937): Soil Sci., 44, 123.

33) 佐々木清一 (1955): 土・肥・学会講演要旨集, 1, 22.

34) MARTIN, R. T. (1954): Soil Sci., 77, 143.

35) MEHMEL, M. (1935): Z. Krist., 90, 35.

36) BRINDLEY, G. W. (1951): X-ray identification and crystal structures of clay minerals. London.

37) BROOMFIELD, C. F. (1951): J. Soil Sci., 2, 196.

38) BROWN, G. (1953): J. Soil Sci., 4, 220.

39) NAGELSCHMIDT, G. (1944): Imp. Bur. Soil Sci., Tech. Comm., 42.

40) MCMURCHY, R. C. (1934): Z. Krist., 88, 420.

41) 塩入松三郎 (1953): 土壌肥料講話, 朝倉書店.

42) HOSKING, J. S. (1941): J. Council Sci. Ind. Res., 13, 206.

43) 青峰重範・東俊雄 (1955): 土・肥・学会講演要旨集, 1, 39.

44) AOMINE, S. and N. YOSHINAGA (1955): Soil Sci., 79, 349.

45) 青峰重範ほか (1956): 土・肥・学会講演要旨集, 2, 16.

46) 菅野一郎・有村玄洋・中島治巳・徳留昭一 (1955): 九州農・試・彙報, 3, 155.

—— ・ —— ・桑野幸男 (1956): 土・肥・学会講演要旨集, 2, 15.

47) ALEXANDER, L. T., G. T. FAUST, S. B. HENDRICKS, H. INSLEY and H. F. MCMURDIE (1943): Am. Mineral, 88, 1.

48) STEPHEN, I. (1952): J. Soil Sci. 3, 20; (1952): 3, 219.

49) ALEXANDER, L. T., S. B. HENDRICKS and G. T. FAUST (1941): Soil Sci. Soc. Am. Proc., 6, 52.

50) TAMURA, T. and M. L. JACKSON (1953): Science, 17, 381.

51) 原田登五郎・久津那浩三 (1955): 農・技・研・報告, B5, 27.

Résumé

As one of the reports on investigations on the heavy clay soils in Hokkaido, a description is presented in this paper, of some physical and chemical properties, and of the parent material and clay mineralogical composition of the so-called heavy clay soil at Otaru and Nopporo. The results were summarized as follows:

1. Otaru soil originated from andesitic agglomerate of Tertiary period which was covered by tuffaceous sandstone or sandy tuff. Nopporo soil originated from andesitic sediments of diluvium epoch covered with thin volcanic ash. The minerals contained in both soils were plagioclase feldspar, glass, PELE's tear-like mineral (liquaid lava drop), quartz, hypersthene, augite, hornblende and black opaque minerals throughout the pro-

file, but the majority consisted of light minerals.

2. Otaru soils were classified into light clay and sandy loam, and Nopporo soils into clay loam and silty loam. Both soils contained large amounts of clay fraction in the surface soil and subsoils below the 4th horizon. Some physical properties of subsoils below the 4th horizon in both soils were similar to those observed on Komukai heavy clay soil, namely high value of soil weight and volume weight, small porosity, low water capacity and low air capacity.

3. The reaction of both soils was acidic, i.e. the pH value was from 5.3 to 6.0. In the results of chemical analysis, exchangeable bases were low, hydrolytic acidity was strong, buffer capacity was relatively weak. Humus content in surface soil of both soils was very high.

4. In the results identifying the minerals of clay fraction ($<2\mu$) in both soils, the dominant mineral was hydrated halloysite in all horizons. The clay fraction of each horizon contained gibbsite and halloysite. Moreover, X-ray diffraction patterns showed the presence of quartz and feldspar. There was a possibility of existence of boehmite, chlorite or montmorillonoid or vermiculite in the clay fraction of both surface soils and of allophane in the 3rd horizon of Otaru soil.

It was recognized that the 1st horizon of Otaru soil and 2nd horizon of Nopporo soil, the 2nd of Otaru and the 4th of Nopporo, and the 4th of Otaru and the 5th of Nopporo respectively corresponded in content of clay minerals.

農業試験機関に於ける気温の経年変化

藤原　忠* 石黒忠之*

ON THE LONG-TERM CHANGE OF AIR TEMPERATURE WHICH HAVE BEEN OBSERVED AT THE AGRICULTURAL EXPERIMENT STATIONS IN HOKKAIDO

By Tadashi FUJIWARA and Tadayuki ISHIGURO

I. 緒　言

北海道の気候の経年変化については，既に 2, 3 の報告があるが，その殆どが気温の上昇を報じている[(4)(5)(7)]。農業試験研究は年々の気象の影響下で行われることが多く，就中病害虫の発生や作物豊凶等の考察には，気象についての知識を必要とする。このような場合，気温の経年変化が存在するとすれば，その度合や，また平年値の取り扱いについて考慮の必要な場合も生ずるであろうと考え，比較的都市気候の影響が小さく且つ数多くの試験研究の行われている農業試験機関の観測値について，経年変化の調査を行つてみた。

II. 調査資料及び方法

1. 資　料

資料を得た試験機関名とその所在地及び調査年数は第1表のようで，気温は平均気温を用いた。

第1表　調査した試験機関及び調査年数一覧
Table 1　Agricultural experiment stations and years surveyed by authors.

試験機関名	所在地	年　数
北海道立農業試験場　渡島支場	亀田郡大野村	1911（明 44）～1955（昭 30）
北海道農業試験場　本場	札幌市琴似町	1910（明 43）～1955（昭 30）
北海道立農業試験場　上川支場	上川郡永山町	1910（明 43）～1955（昭 30）
北海道立農業試験場　北見支場	北見市	1910（明 43）～1955（昭 30）

2. 方　法

先ず，本場のみについてであるが，季節的な経年変化の趨勢を前10年の移動平均によつて，冬，春，夏，秋の4季にわけて調査し，大略の経年変化の手掛りをつけ，次に各場の月別平均気温について，最近10年，30年及び累年（この場合46年）の平均値を算出し，これら3種類の平均値の間に，経年変化の影響がどのように入つているかを，平均値の大いさの間の偏りによつて調べ，その後で気温の上昇傾向の比較的大きい夏の 7～8 月の気温について，その上昇度を直線回帰式によつて統計的に算出してみた。また算出された回帰係数についての有意性の検定をも行つた。直線回帰式の算出は次式により，計算は簡略法を用いた。

$$Y=\bar{y}+b(x-\bar{x})$$

Y は求むる或る年次の気温
$\bar{y}$ は調査年間の気温の平均値
x は年次（明治 43 年を 1 として）
$\bar{x}$ は年次の平均
b 即ち回帰係数は

$$b=\frac{S(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{S(x-\bar{x})^2}$$

回帰係数の統計的信頼度の検定は t 検定によつた。

$$t=\frac{(b-\beta)\sqrt{S(x-\bar{x})^2}}{s}$$

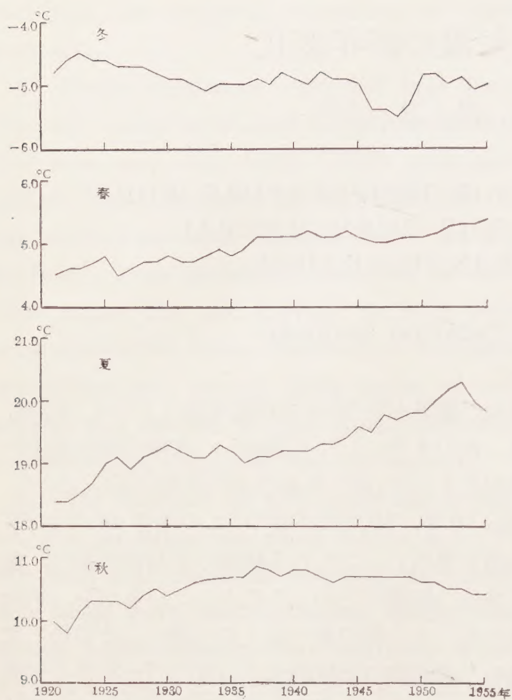
$$s=\frac{S(y-Y)^2}{N-2}$$

N は調査年数で 46
β は母集団の回帰係数で帰無仮設により $\beta=0$ として検定した。

III. 調査結果及び考察

季節的な経年変化の趨勢を，本場のみの調査結果ではあるが，冬，春，夏及び秋にわけて，前 10 年の移動平均によつて考察してみると第1図のよ

* 農業物理部農業気象研究室



第 1 図　四季別気温の 10 年移動平均（本場）

Fig. 1　Moving average of air temperature during the last 10 years in spring, summer, autumn and winter.

うで，春及び夏については，かなりの気温の上昇傾向が認められる。然し秋についてはその傾向は甚だ緩慢であり，冬については上昇の傾向は全く認められない。次に各場の月別気温について，最近 10 年，30 年及び 46 年（累年）の平均値を算出し，その大いさを比較することによつて経年変化の平均値に与える影響を調査した。その結果は第 2 表のようで，9〜12 月の秋から冬にかけての月を除いては，一般に 10 年平均値が 30 年及び 46 年平均値よりやや大きく，その傾向は 7〜8 月の夏に比較的大きい。以上より概観的ではあるが，秋から冬にかけての月を除く他の月に，気温の上昇傾向が存在することが認められる。1880〜1950 年の資料を用いて調査した守田 (1951)[5] によれば，1914 年 (大正 3 年) 頃に気候の転換期がみられ，その頃の夏及び秋の温暖化が著しく，その後春も暖くなつてきたことを指摘しているが，本調査において秋の気温上昇が殆ど認められないのは，1914 年以前の低温期の年数が著しく少ないこと，1914 年以降の秋の気温上昇が緩漫であること，及び最近の年の秋が低温のことが多いことなどによる結果と考える。また前記のように 10 年，30 年及び 46 年平均値（いずれも屢々平年値として用いられる）が，気温の経年変化の影響によつて，その大いさが多少相違することは，平年値を取り扱う場合考慮されなければならないことの一つであろう。

次に気温の上昇傾向の大きく且つ農作物への影響の大きい夏の 7〜8 月の気温について，その上昇度を統計的に算出してみよう。各年次毎の推移の状

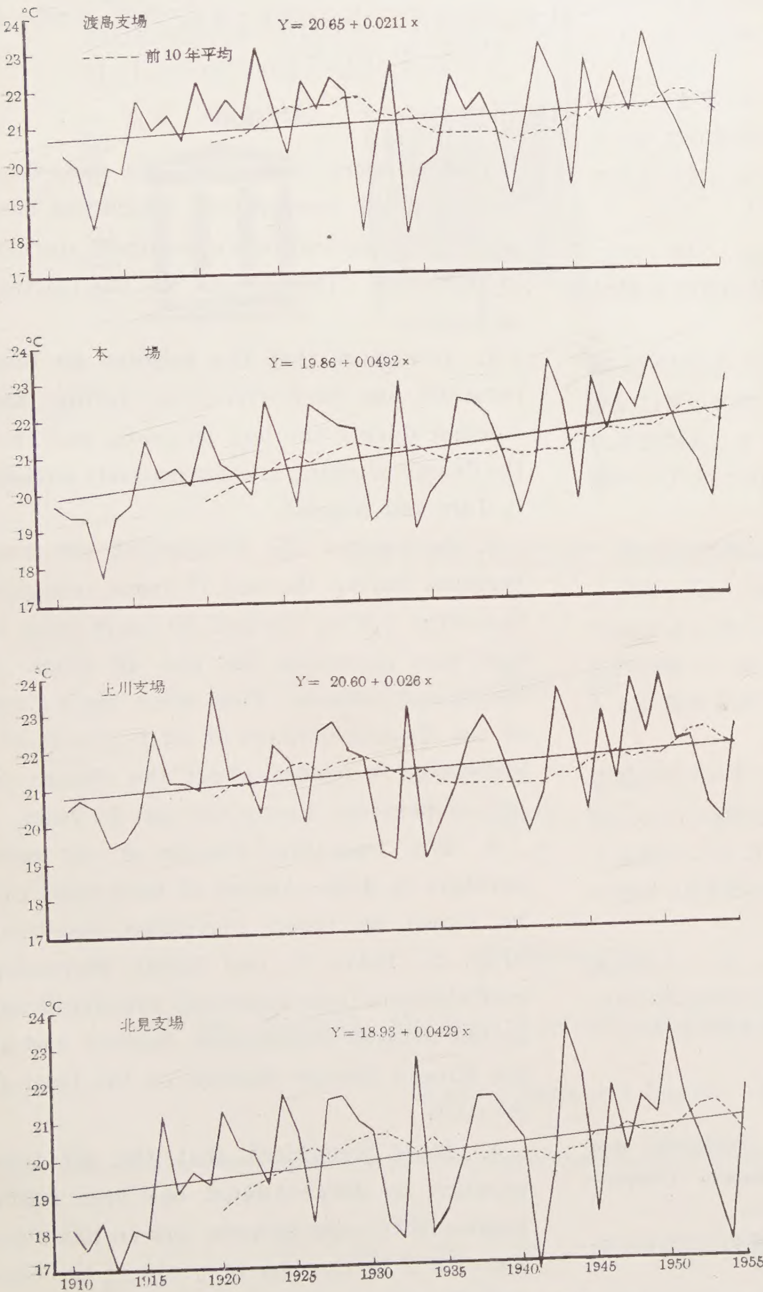
第 2 表　月別平均気温の 30 年及び 46 年平均値の 10 年平均値よりの偏差 (°C)

Table 2　Deviations of air temperature about the average during the last 30 years and the last 46 years from the average during the last 10 years.

場　名	統計年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
渡島支場	10	−4.2	−3.8	−0.2	6.8	11.7	15.4	20.8	22.8	17.4	11.5	4.5	−1.7
	30	−0.5	−0.3	0.0	−0.8	−0.5	+0.1	−0.5	−0.5	+0.4	+0.2	+0.5	+0.1
	45	—	—	—	—	−0.7	+0.1	−0.6	−0.6	+0.5	+0.1	—	—
本　場	10	−5.5	−5.4	−1.7	6.3	12.1	16.3	21.2	23.0	17.2	10.4	3.3	+2.7
	30	−0.7	−0.4	+0.3	−0.7	−0.7	−0.3	−0.5	−0.8	0.0	+0.3	+0.5	+0.3
	46	−0.5	−0.1	−0.1	−0.8	−0.9	−0.6	−0.5	−1.2	−0.2	+0.1	+0.4	+0.4
上川支場	10	−9.3	−8.8	−4.8	4.6	11.8	16.7	21.4	22.3	16.0	9.2	0.7	−6.3
	30	−0.9	−0.8	+0.6	−0.6	−0.2	−0.2	−0.4	−0.5	+0.1	+0.2	+0.6	+0.1
	46	−0.8	−0.5	−0.5	−0.6	−0.5	−0.5	−0.5	−0.7	+0.1	+0.2	+0.7	0.0
北見支場	10	−10.3	−8.6	−4.5	5.4	11.0	15.3	19.9	21.3	15.6	9.2	1.1	−6.2
	30	−0.2	−0.9	+0.3	−1.0	−0.5	−0.2	−0.3	−0.4	+0.2	+0.1	+0.7	−0.1
	46	—	—	—	—	−1.0	−0.4	−0.6	−0.8	−0.1	−0.2	—	—

註　統計年 10 は 10 年平均値を示し，30 及び 46 は 30 年及び 46 年平均値の 10 年平均値よりの偏差で示した。

態は第2図に示すようで，年によりかなり変動しているが，その上昇度を直線回帰式によつて算出してみると第3表に示すようで，年々上昇の傾向にあることが窺われる。更にこの式中の回帰項について，統計的に有意であるかどうかを検定してみると，本場及び北見支場では1%以下の危険率で有意であり，上川支場及び渡島支場では無意味となつた。しかし後者の場合も回帰係数の t 値の確率は，10% 前後のところにあり，調査年数の増加によつて有意となる可能性もかなり大きい。以上より本場及び北見支場では，統計的にも気温の長期変動が認められ，年々その回帰係数の 0.04～0.05°C ずつ気温が上昇しており，この 50 年間では，2.0～2.5°C も上昇したことになる。1912～1946 年の気象台及び測候所の資料により，中山 (1951)[6] は，年に対する気温の回帰係数は統計的に無意味であつたことを報告しているが，1900～1950 年の資料により国分 (1954)[4] は，7～8 月についてその回帰係数の有意であつたことを報告している。著者の場合は農業試験機関の 1910～1955 年の資料によるものであるが，夏の 7, 8 月について調査試験機関の半数が有意，半数が無意味となつた。このように回帰係数の統計的有意性が，報告によつて異なる結果を示す最も大きな原因は，調査年数の相違によるものであろう。次に通常良く使用される平年値としての10年平均値であるが，これを1例として 7～8 月の気温について算出してみると第2図に示すようで，年次によりかなりの変動があり，また前に記した経年変化の存在することとを考え合せると，必ずしも平年値として 10 年平均値が妥当であるとはいえないようであり，むしろ更に統計年数を長く 30 年程度にとつた方が好ましいように考える。しかし統計年数をあまり長くとることも経年変化の存在する場合には，その影響が入つて好ましくないであろう。



第 2 図　7, 8 月 2 箇月平均気温の経年変化

Fig. 2　Long-term change of air temperature in July～August.

IV. 摘　要

北海道農業試験場本場及び北海道立農業試験場，渡島支場，上川支場，北見支場の 4 箇所の 1910（明

第3表 7,8 月2箇月平均気温の年に対する回帰方程式及び回帰係数の値とその確率 (p)

Table 3 Linear regression equations, t values of regression coeffiecients, and probabilitis of t values.

場 名	回程帰方式	t	p
渡島支場	Y=20.65+0.0211×	1.372	0.20−0.10
本 場	Y=19.86+0.0492×	3.434	>0.01
上川支場	Y=20.60+0.0260×	1.773	0.05−0.01
北見支場	Y=18.93+0.0429×	3.863	>0.01

治 43 年) から 1955 (昭和 30 年) 年までの 46 年間の観測値を用いて, 気温の経年変化について調査を行つた。その結果を要約すると次のようである。

1. 秋から冬にかけての月を除いた他の月に, 気温の上昇傾向がみられ, 7〜8 月の夏に比較的その度合が大きい。

2. 従つて平年値として使用される前10年, 30年及び累年の平均値の大いさは, 春及び夏には経年変化の影響によつて多少相違することになり, 平年値の取り扱いには経年変化についての考慮も, 厳密には必要となつてくる。

3. 気温の上昇傾向の大きい 7〜8 月の気温について, その上昇度を一次の直線回帰式で算出してみると第3表のようであり, 年に対する気温の回帰係数は, 渡島支場及び上川支場では統計的に有意とならなかつたが, 本場及び北見支場では 1 % 以下の危険率で有意となつた。

4. 従つて本場及び北見支場の 7〜8 月の気温については, 統計的にも長期傾向が認められ, この調査年間には年々 0.04〜0.05°C ずつの気温上昇があり, 最近 50 年間では 2.0〜2.5°C 気温が上昇したことなる。

終りに臨み, 種々御助言と御教示をいただいた当場農業物理部長横山偉和夫技官並びに道立農業試験場病虫部発生予察課長池大司技師に厚く御礼を申し上げる。

参 考 文 献

1. Americ. Met. Soc. (1951) Geological and historical aspects of climatic change. Compendium of Meteorology, 1004〜1017.
2. 荒川秀俊 (1936) 日本の気候は変化しつつあるか 気・集., 第 14 巻, 425〜427.
3. 福井英一郎 (1943) 本邦大都市に於ける気候変化 気・集., 第21 巻, 428〜434.
4. 国分 均 (1954) 北海道の冷害について 産・気., 第 18 巻 1 号, 1〜15.
5. 寺田康太郎 (1951) 北海道の気候経年変化について 北・気・研., 第 2 号, 24〜34.
6. 中山林三郎 (1951) 水稲の年変異に関する研究 北海道立農試報告, 第 2 号.
7. 斎藤博英 (1948) 北海道の気候の歴史的調査, 応・気., 第 2 巻 4 号, 101〜105.
8. 関口 武 (1946) 本邦各地に於ける最近の気温変化とそれに及ぼせる都市と緯度の影響 地・評., 第 19 巻 6 号, 361〜362.

Résumé

Studies were made on the long-term change of air temperature which has been observed at agricultural experiment stations in Hokkaido. The results are summarized as follows:

1. It is seen that the average air temperature has been rising in spring and summer during the last 46 years, and that the degree of rising is comparatively obvious in July and August.

2. In general the average of air temperature during the last 10 years, is higher than that during the last 30 years; this is true also regarding the last 46 years in spring and summer. Then when use is made of the statistical values of air temperature, knowledge is needed about the change of air temperature during the last 50 years.

3. The long-term change of air temperature in July〜August of each year, can be shown by linear regression equations (Fig. 2, Table 3) and linear regression coefficients in those equations, are significant at the Central Experiment Station and at the Kitami Branch Station on the level of $P=0.01$.

4. It is recognized that the air temperature in July〜August has been rising 0.04〜0.05°C year by year, and so has risen 2.0〜2.5°C in the last 50 years at the Central Experiment Station and at the Kitami Branch Station.